차 례

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《물리학은 자연의 다양하고 복잡한 물질운동가운데서 가장 기초적이고 보편적인 운동에 대하여 연구합니다.》

끝없이 넓은 우주세계로부터 물질을 이루는 가장 작은 알갱이인 소립자세계에 이르기까지의 물질운동은 끝없이 다양하고 복잡하다.

자연속에서 살고있는 학생들은 아마도 식물이 어떻게 자라며 바람은 왜 부는가, 하늘의 비행기나 바다의 배는 어떻게 떠다니며 흐르는 물이 전기를 일으켜 기계를 돌리는 리치는 무엇인가, 비가 온 뒤 왜 아름다운 색갈의 무지개가 비끼는가 등 여러가지 의문이 생길것이다.

물리학은 그처럼 다양하고 복잡한 자연현상들가운데서 그 모든 운동의 공통적이면서도 기초로 되는 가장 일반적인 운동에 대하여 연구한다.

3학년 물리과목에서는 열현상, 전기현상, 소리와 빛현상, 에네르기에 대한 지식을 배우게 된다.

학생들은 열, 전기, 빛에네르기들을 어떻게 하면 효과있게 써서 새로운 기계나 장치들을 만들어낼수 있겠는가 깊이깊이 생각해보아야 한다.

이와 함께 배운 지식들을 활용하여 우리 주위에서 일어나는 자연현상들을 관찰하고 설명해보며 실험해보는 습관을 키워나가야 한다.

학생들은 공부를 열심히 하여 사회주의강성대국건설에 이바지할 혁명인재로 준비해나가야 한다.

제1장. 열

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《열은 전력과 함께 현대산업의 기본동력이며 생산은 열관리사업으로부터 시작된다고 말할수 있습니다.》

경애하는 대원수님께서 교시하신바와 같이 열은 전력과 함께 현대산업의 기본동력이다. 열과 전력이 없이는 인민경제의 모든 부문을 움직일수 없다. 뿐만아니라 열은 사람들의 일상생활에서도 매우 중요하다.

이 장에서는 열량과 비열이란 무엇이며 열전달의 세가지 형태 및 발열량에 대하여 학습한다.

제1절. 열 량

우리는 일상생활에서 열과 온도라는 말을 많이 쓴다. 실례로 체온계로 사람의 몸온도를 재여보고 《열이 있다.》 또는 《열이 없다.》고 말을 한다. 이 말의 의미가 옳은가.

열량이란 무엇인가

? 열이란 무엇이며 열과 온도사이에는 어떤 관계가 있는가.

우리 주위에는 더운 물체도 있고 찬 물체도 있다. 물체의 덥고 찬 정도는 온도라는 량으로 나타낸다. 어느 경우에 온도가 높은가.

실 험

○ 알콜등으로 플라스크에 넣은 물을 덥히면서 온도계의 눈금을 살핀다.(그림 1-1) 이때 온도계의 눈금값이 커진다.

○ 덥힌 플라스크의 물을 식히면서 온도계의 눈금을 살펴본다. 이때 온도계의 눈금값이 작아진다.

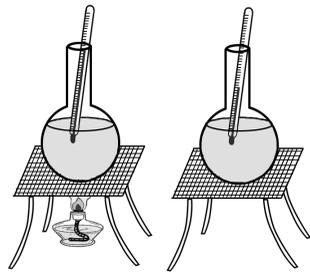



그림 1-1. 물을 가열하거나 식힐 때 온도가 변한다

실험을 통하여 물체를 덥히면 온도가 올라가고 식히면 온도가 내려간다는것을 알수 있다.

물체가 가열될 때 물체는 열을 받는다고 말하며 물체가 식을 때 물체는 열을 내보낸다고 말한다.

따라서 물체가 열을 받거나 내보내면 물체의 온도가 변한다. 즉 열은 물체의 온도를 변화시키는 원인들중의 하나이다.

생각하기 물체의 온도를 변화시키는 원인에는 또 무엇이 있겠는가?

그림 1-2. 열은 더운물에서 찬물로 넘어간다

그러면 온도가 서로 다른 두 물체를 맞대놓으면 열이 어떻게 전달되겠는가.

그림 1-2와 같이 금속그릇에 60℃정도로 덥힌 물 100g을 넣고 그것을 20℃정도의 물 300g이 담긴 비커속에 넣은 다음 온도계를 설치하고 1min 간격으로 금속그릇과 비커속의 물온도를 각각 재여 그라프를 그리면 그림 1-3과 같다.

그림 1-3. 더운물과 찬물의 온도변화 그라프

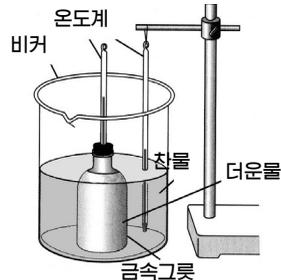
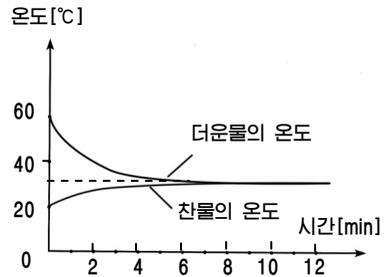
시간이 지남에 따라 더운물의 온도는 내려가고 찬물의 온도는 올라가다가 나중에는 온도가 같아진다. 이때 더운물은 열을 내보내여 온도가 내려가며 찬물은 열을 받아서 온도가 올라간다.

즉 온도가 서로 다른 두 물체를 맞대놓으면 열은 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체에로 저절로 전달된다.

열이 전달될 때에 물체가 받거나 내보내는 열의 크기를 **열량**이라고 부른다.

열량의 단위

물체들이 서로 주고받는 열량을 무엇으로 잴수 있는가.

열은 석탄이나 석유, 나무가 탈 때 그리고 전기줄에 전기가 흐

를 때도 나오지만 일을 해서 열을 내게 할 수도 있다.

실례로 자전거바퀴에 공기를 넣기 위하여 뽐프질을 세차게 할 때 뽐프에 손을 대보면 열이 난다.(그림 1-4)

그림 1-4. 일하면 열이 난다

톱으로 나무를 켜서 자르거나 천으로 동막대기를 쓸면 톱이나 동막대기가 뜨거워진다.(그림 1-5) 이처럼 물체는 열을 주어 덥힐수 있는것과 마찬가지로 일을 해주어 덥힐수도 있다.

그림 1-5. 일을 해주면 물체의 온도는 높아진다

이로부터 물체에 열을 주는 대신 일을 해주어도 물체는 더워진다는것을 알수 있다. 그러므로 열량은 그와 맞먹는 일의 크기를 따져서 잴수 있다.

따라서 열량을 재는 단위는 일의 단위와 같은 단위를 쓴다. 즉 열량의 단위는 1J이다.

문 제

1. 앓는 어린이의 체온을 재보고 《열이 높으니 어서 열이 내리도록 약을 먹어라.》고 말하였다. 이 말이 옳은가? 왜 그런가?
2. 물체에 일을 해주어 열을 내게 할수 있지만 거꾸로 열을 주어 일을 하게 할수도 있겠는가? 그 실례를 2가지 들어보아라.
3. 더운물과 찬물이 열량을 주고받을 때 열을 가진 물질이 오고간다고 보면 어떤 모순이 있는가?

제2절. 비 열

맑게 개인 여름날 해수욕장에 나가보면 모래밭은 몹시 따가우나 바다물은 시원하다.(그림 1-6) 꼭같은 태양열을 받고있는데 왜 온도차이가 생기는가.

그림 1-6. 해수욕장

비열이란 무엇인가

물 1kg과 알루미니움 1kg에 꼭같은 열량을 주었을 때 알루미니움이 더 뜨겁다. 무엇때문인가.

실 험

○ 꼭같은 비커에 물과 기름을 각각 100g씩 담아놓는다.(그림 1-7)

○ 물과 기름에 꼭같은 전열기를 넣고 1min 간격으로 한번씩 저으면서 가열한다.(그림 1-8) 이때 물과 기름속에 넣은 온도계로 온도변화를 측정한다.

○ 어느 한쪽이 60℃가 되면 다른쪽의 온도도 읽고 가열을 중지한다. 이때 가열된 물과 기름의 온도는 서로 다르다.

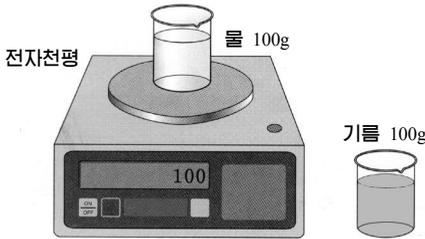



그림 1-7. 물과 기름의 질량을 꼭같게 한다

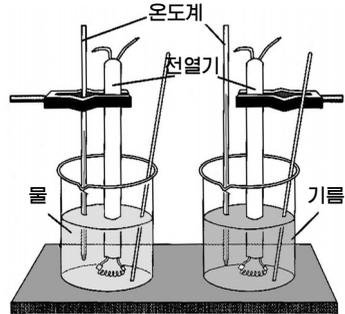



그림 1-8. 꼭같은 질량의 물과 기름에 꼭같은 열량을 준다

실험을 통하여 꼭같은 질량의 물체들을 가열할 때 꼭같은 열량을 주어도 물질의 종류에 따라 온도가 오르는 정도가 차이난다는것을 알수 있다. 즉 같은 질량을 가지는 서로 다른 물질들을 꼭같은 온도차만큼 온도가 높아지도록 가열할 때 드는 열량이 서로 다르다. 물질에 따르는 이 차이를 표시하기 위하여 비열이라는 량을 받아들인다.

물질 1kg의 온도를 1℃만큼 높이는데 필요한 열량을 물질의 **비열**이라고 부른다.

따라서 비열은 질량이 꼭같은 물질들을 가열하여 같은 온도차만큼 온도를 높이는데 드는 열량의 크기를 비교하는 량이다. 질량이 m인 물질을 온도 t_1에서 t_2까지 높이는데 드는 열량을 Q라고 하면 이 물질의 비열 c는 다음과 같다.

$$비열 = \frac{열량}{질량(마지막온도 - 처음온도)}$$

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

모든 물질은 비열이 서로 다르므로 꼭같은 질량의 물질들에 꼭같은 열량을 주어도 온도가 높아지는 정도가 서로 다르다.

또한 질량이 같은 물질들의 온도를 같은 온도차만큼 올리려면 비열이 큰 물질일수록 더 많은 열량을 주어야 한다.(그림 1-9)

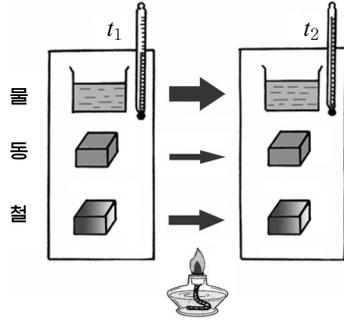



그림 1-9. 온도를 1℃ 높이는데 드는 열량은 물질(1kg)마다 다르다

비열의 단위

비열의 단위는 1J/(kg·℃)이다. 1J/(kg·℃)는 질량이 1kg인 물질의 온도를 1℃만큼 높이는데 1J의 열량이 드는 물질의 비열의 크기이다.

물 1kg의 온도를 1℃만큼 높이는데 4 200J의 열량이 필요하므로 물의 비열은 4 200J/(kg·℃)이다.

몇가지 물질의 비열은 다음과 같다.

몇가지 물질의 비열

물 질	비 열 [J/(kg·℃)]	물 질	비 열 [J/(kg·℃)]	물 질	비 열 [J/(kg·℃)]
물	4 200	금	130	콩크리트	840
공기	1 007	연	160	폴리에틸렌	2 180
얼음	2 060	수은	140	파라핀	2 100
나무	1 260	철	460	종이	1 260
모래	796	동	390	유리	630
		알루미니움	900	대리석	880

비열표를 보고 알수 있는것처럼 물 1kg과 알루미니움 1kg에 꼭같은 열량을 주었을 때 알루미니움이 더 뜨거운것은 그것이 물보

다 비열이 더 작기때문이다. 즉 비열이 작은 물질일수록 인차 가열되고 또 인차 식는다.

물은 다른 물질들보다 비열이 특별히 크다. 따라서 무더운 여름날 바다가나 호수가의 모래는 뜨거워도 물은 시원한것이다.

문 제

1. 비열표를 보고 다음 물음에 대답하여라.
   ㄱ) 철의 비열이 《460J/(kg·℃)》라고 하는것은 무엇을 의미하는가?
   ㄴ) 비열표에 지적된 물질들가운데서 질량이 꼭같은 물질에 꼭같은 열량을 주었을 때 온도가 제일 많이 높아지는 물질과 제일 적게 높아지는 물질은 어느 물질인가?
   ㄷ) 동과 알루미니움덩어리를 같은 열량으로 같은 온도만큼 덥혔다면 어느 덩어리의 질량이 더 크겠는가?
2. 다음의 문장이 옳은가 틀리는가를 판단하여라.
   ㄱ) 두 물체가 같은 열량을 받은 후에 올라간 온도가 같다면 그 질량들은 반드시 다르다.
   ㄴ) 두 물체가 열을 받고 올라간 온도가 모두 같을 때 이 두 물체의 비열은 반드시 같다.
   ㄷ) 뻐스발동기의 방열기에서는 물을 랭각수로 쓴다. 이것은 물의 비열이 크기때문이다.
3. 기계기름 2L를 15℃에서 35℃까지 덥히는데 75.6kJ의 열량이 소비되였다. 기름의 비열은 얼마인가? 기름의 밀도는 900kg/m^{3}이다.

제3절. 열량계산

열량계산

물체가 내보내거나 받는 열량의 크기는 어떻게 계산하겠는가.

비열이 c 인 물질 1kg의 온도를 1℃만큼 높이는데 드는 열량은 $1\times c$ 이다.(그림 1-10) 만일 3℃만큼 높인다면 $3\times c$ 의 열량이

필요하다. 그러나 같은 물질 4kg의 온도를 1℃만큼 올린다면 $4\times c$의 열량이 필요하다. 따라서 비열이 c인 물질 4kg의 온도를 3℃만큼 높인다면 $3\times4\times c=12\times c$의 열량이 필요하다.

이로부터 비열이 c이고 질량이 m인 물질의 온도를 t만큼 올리는데 필요한 열량은 cmt와 같다는것을 알수 있다.

다시말하여 가열되는 물체가 받는 열량 Q는 물질의 비열 c와 질량 m, 가열에 의한 온도변화 t_2-t_1를 곱한것과 같다. 즉

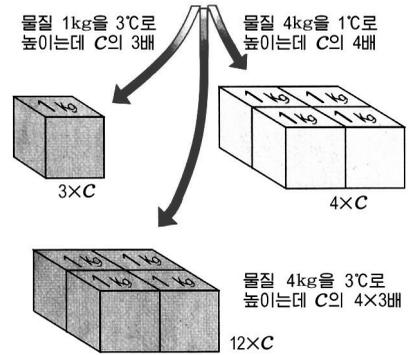
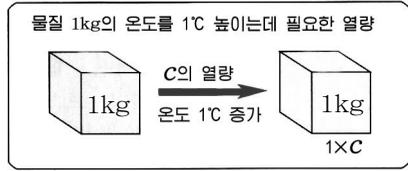



그림 1-10. 열량계산방법

열량 = 비열×질량×(마지막온도-처음온도)

$$Q=cm(t_2-t_1)$$

⚠ 물체가 식으면서 내보내는 열량도 이 식에 의하여 계산한다. 다만 이때 온도변화는 처음온도에서 마지막온도를 던것과 같다.

열 평 형

목욕할 때 물이 지나치게 뜨거우면 찬물을 섞어 알맞춤한 온도로 만든다.

온도가 서로 다른 물체들을 맞대놓을 때 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체에로 열이 전달되여 나중에 두 물체의 온도가 같아진다.

이처럼 온도가 서로 다른 물체들이 열을 주고받은 결과 온도가 같아졌을 때 물체들은 **열평형**을 이루었다고 말한다. 그리고 열평형을 이루었을 때의 온도를 **평형온도**라고 부른다.

❓ 온도가 다른 두 물체를 접촉시켜 열평형을 이루도록 할 때 더운 물체가 내놓는 열량과 찬 물체가 받는 열량의 크기는 같겠는가 다르겠는가.

그림 1-11과 같이 50℃로 가열된 물 200g과 20℃인 찬물 100g을 열량계(외부와 열전달이 차단된 그릇)속에 각각 넣고 젓개로 저어준 다음 평형온도를 재보면 40℃에 이른다. 이 실험에서 더운물이 내보낸 열량을 계산해보면

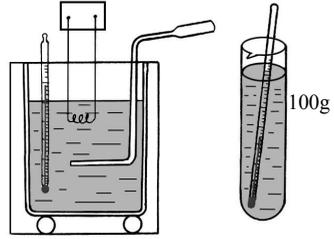



그림 1-11. 더운물과 찬물이 주고받는 열량계산실험

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_평) =$$
$$=4\,200 \times 0.2 \times (50-40) = 8\,400(J)$$

이고 찬물이 받은 열량을 계산해보면

$$Q_2 = cm_2(t_평 - t_2) = 4\,200 \times 0.1 \times (40-20) = 8\,400(J)$$

이로부터 더운 물체에서 찬 물체에로 열이 전달될 때 내준 열량과 받은 열량은 크기가 같다는것을 알수 있다.

일반적으로 비열이 서로 다른 물체들이 온도차가 있을 때 맞대놓으면 더운 물체가 내준 열량 $Q_1 = c_1m_1(t_1 - t_평)$과 찬 물체가 받은 열량 $Q_2 = c_2m_2(t_평 - t_2)$은 같으므로 $Q_1 = Q_2$이다. 즉

더운 물체가 내준 열량 = 찬 물체가 받은 열량
$$c_1m_1(t_1 - t_평) = c_2m_2(t_평 - t_2)$$

이 식을 **열평형방정식**이라고 부른다.

⚠ 온도가 서로 다른 둘이상의 여러개의 물체들을 맞대놓을 때 평형온도 $t_평$으로 열평형을 이루었다면 $t_평$보다 높은 온도를 가진 물체들이 내놓은 열량들의 합은 $t_평$보다 낮은 온도를 가진 물체들이 받은 열량들의 합과 크기가 같다.

[례제 1] 온도가 400℃인 동 100g을 온도가 20℃인 300g의 물속에 넣었다. 열평형온도를 구하여라.

풀이. 주어진것: m_1=0.1kg, m_2=0.3kg
t_1=400℃, t_2=20℃
c_1=390J/(kg·℃)
c_2=4 200J/(kg·℃)

구하는것: $t_평$?

$$c_1m_1(t_1 - t_{평}) = c_2m_2(t_{평} - t_2)$$

$$t_{평} = \frac{c_1m_1t_1 + c_2m_2t_2}{c_1m_1 + c_2m_2} = \frac{390\times0.1\times400 + 4\ 200\times0.3\times20}{390\times0.1 + 4\ 200\times0.3} \approx 31.4(℃)$$

답. 약 31.4℃

[례제 2] 20℃인 물 10kg, 40℃인 물 20kg, 100℃인 물 50kg을 함께 섞었다. 열손실을 계산하지 않는다면 섞은 후의 온도는 얼마이겠는가?

풀이방향. 40℃의 물은 열을 받았는지 내놓았는지 알수 없으므로 어느 한 경우로 가정하고 열평형방정식을 세운다. 그리고 방정식으로부터 얻어진 결과가 가정과 옳은가를 따져본다.

풀이. 주어진것: t_1=20℃, m_1=10kg

t_2=40℃, m_2=20kg

t_3=100℃, m_3=50kg

구하는것: $t_{평}$?

40℃의 물이 열을 받았다고 가정하자. 이때 열평형방정식을 세우면

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

이므로
$$cm_1(t_{평} - t_1) + cm_2(t_{평} - t_2) = cm_3(t_3 - t_{평})$$

$$m_1t_{평} + m_2t_{평} + m_3t_{평} = m_3t_3 + m_1t_1 + m_2t_2$$

$$t_{평} = \frac{m_1t_1 + m_2t_2 + m_3t_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10\cdot20 + 20\cdot40 + 50\cdot100}{10+20+50} = \frac{6\ 000}{80} = 75(℃)$$

$t_{평}$=75℃>40℃이므로 열을 받았다고 가정한것이 옳다.

답. 75℃

문 제

1. 온도가 같은 큰 철덩이와 작은 철덩이가 있다. 두 철덩이를 맞붙여놓으면 열이 한 철덩이에서 다른 철덩이로 전달되겠는가?
2. 서로 다른 물질로 된 두 물체가 있다. 이 두 물체에 같은 열량을 주었더니 올라간 온도가 같았다. 두 물체의 질량비를 구하여라. 두 물체의 비열은 각각 c_1, c_2이다.
3. 어항에 14℃의 물이 20L 있다. 어항의 물의 온도를 20℃ 되게 하려면 40℃의 물을 얼마나 넣어야 하는가?

제4절. 열 전 도

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리에게는 불을 조금만 때도 방안을 덥힐수 있는 살림집설계가 요구됩니다.》

위대한 수령님의 유훈을 철저히 관철하려면 열이 전달되는 형태들과 원리를 잘 알고 방안으로는 열이 잘 전달되게 하고 밖으로는 열이 잘 나가지 못하게 막는 방도를 찾아내야 한다.

물체들사이에서 열의 전달은 열전도, 대류, 열복사의 세가지 형태로 일어난다.

열전도현상

? 금속숟가락의 한끝을 뜨거운 물속에 잠그면 다른 끝이 더워지는것을 느낄수 있다. 왜 더워지는가.

실 험

○ 철막대기의 한쪽 끝을 손으로 잡고 다른쪽 끝을 가열하면 얼마후에 손으로 쥔쪽 끝이 뜨거워진다.(그림 1-12)

○ 그림 1-13과 같이 동막대기에 성냥가치를 파라핀으로 녹여붙이고 동막대기의 한끝을 알콜등으로 덥힌다. 이때 알콜등에 가까운쪽으로부터 파라핀이 녹으면서 성냥가치들이 차례로 떨어진다.

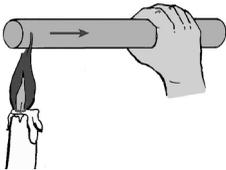



그림 1-12. 철막대기를 통한 열전도

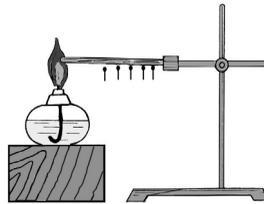



그림 1-13. 더운 끝에서 찬 끝으로 열이 동막대기를 따라 전달된다

실험을 통하여 열이 물질을 따라 온도가 높은데서 낮은데로 차례로 전달된다는것을 알수 있다.

온도가 높은 부분에서 낮은 부분으로 열이 물질을 따라 전달되

여가는 현상을 **열전도**라고 부른다.

열전도가 물질을 따라 어떻게 진행되는가를 보자.

그림 1-14와 같이 물체의 한쪽을 가열하면 그 부분의 분자(또는 원자)들의 열운동이 활발해진다. 즉 가열된쪽의 분자들이 다른쪽 분자들보다 세차게 떨기운동한다.

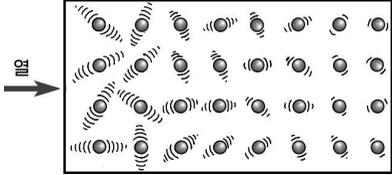



그림 1-14. 열전도과정

이 운동은 이웃분자들에로 전달되여 그것들도 세차게 떨기운동시킨다.

결과적으로 가열된쪽의 분자들의 활발한 열운동이 물체의 다른쪽으로 분자들의 열운동에 의하여 차례로 전달되여간다.

이와 같이 열전도는 물체의 온도가 높은쪽에서 낮은쪽으로 분자들의 세찬 열운동이 점차 전달되여가는 과정이다.

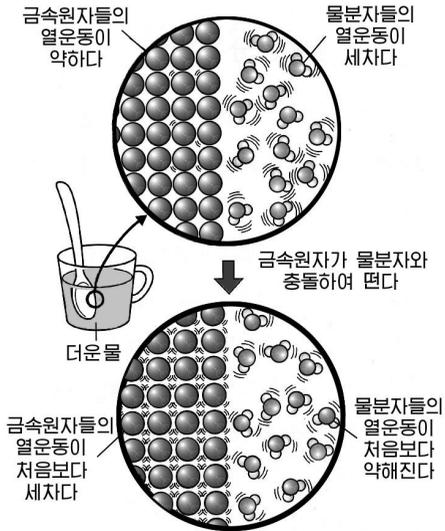



그림 1-15. 뜨거운 물속에 넣은 숟가락이 더워지는 리치

생각하기 그림 1-15를 보면서 뜨거운 물속에 한쪽 끝이 잠긴 숟가락이 점점 더워지는 리치를 생각해보아라.

열전도체와 열절연체

그림 1-16과 같이 유리, 철, 동막대기의 한쪽에 각각 성냥가치들을 파라핀으로 차례차례 녹여붙이고 다른쪽 끝을 맞대놓고 가열하면 동막대기에 붙은 성냥가치들이 먼저 떨어지고 유리막대기에 붙은 성냥가치들이 맨 나중에 떨어진다.

그림 1-16. 유리, 철, 동의 열전도비교

열전도는 동이나 철과 같은 금속에서는 빠르게 일어나고 나무나 유리 같은 비금속에서는 천천히 일어난다.

열전도가 잘되는 물질을 **열전도체**, 열전도가 잘되지 않는 물질을 **열절연체**라고 부른다.

열전도체와 열절연체

열전도체	열절연체
은	유 리
동	물
알루미니움	수 지
철	고 무
규 소	나무
흑연(탄소)	공 기

생각하기 공기를 비롯한 기체들은 매우 좋은 열절연체이다. 왜 그런가?

열전도의 리용

가마나 남비는 열전도성이 좋은 금속으로 만들며 거기에 달린 손잡이는 열절연체로 만든다.(그림 1-17)

공기를 리용하여 건물안의 열이 밖으로 나가는것을 막는다.(그림 1-18)

또한 겨울에 쓰이는 보온밥통이나 여름에 쓰이는 얼음통은 공기가 많이 들어있는 거품수지를 리용하여 만들기도 한다.

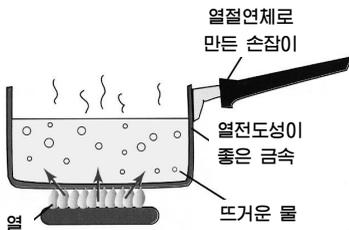



그림 1-17. 열전도체와 열절연체가 리용된 남비

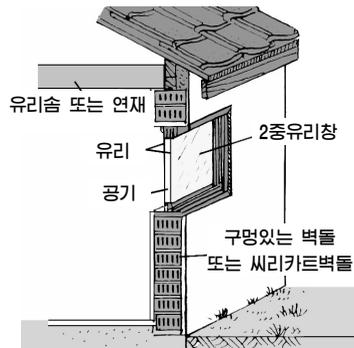



그림 1-18. 공기를 리용하여 열손실을 막는 건물

문 제

1. 물질이 없는 빈 공간 즉 진공속에서도 온도가 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 열전도가 일어나겠는가?
2. 열전도가 일어날 때 물체의 한끝에서 다른 끝으로 물질의 분자나 원자가 이동하는가 안하는가? 무엇이 전달되는가?
3. 추운 겨울날 이른새벽에 아침운동을 할 때 철봉에 매달릴 때와 륵목(나무로 만든 체조기구)에 매달릴 때 어느 경우에 더 차게 느껴지겠는가? 철봉과 륵목가운데서 어느것의 온도가 더 높겠는가?

제5절. 대 류

가마에 물을 넣고 가마밑을 가열하거나 방안의 방바닥을 덥히면 가마의 물과 방안의 공기가 골고루 더워진다. 그 리치는 무엇인가에 대하여 보자.

그림 1-19. 물은 열전도가 잘되지 않는다

대류현상

? 그림 1-19와 같이 물이 담긴 시험관의 웃부분을 가열하면 웃부분의 물은 인차 끓지만 아래부분의 물은 오래동안 차다. 그러나 시험관의 아래부분을 가열하면 어떻게 되겠는가.

실 험

○ 플라스크에 물을 넣고 거기에 보드라운 톱밥을 조금 넣은 다음 그것을 그림 1-20과 같이 밑으로부터 덥히면서 물의 흐름을 관찰한다. 이때 톱밥은 가운데부분에서 우로 올라가 주변을 따라 내려온다.

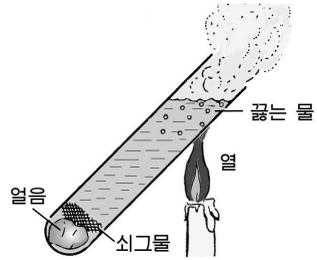
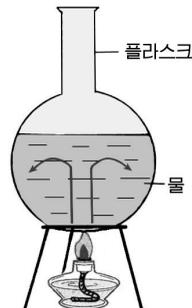



그림 1-20. 액체속에서의 대류

○ 그림 1-21과 같은 실험장치에서 종이와 양초를 두 유리관의 아래, 우에서 각각 태우고 연기의 흐름을 관찰한다. 이때 초불연기가 우로 올라가고 종이타는 연기는 아래로 내려온다.

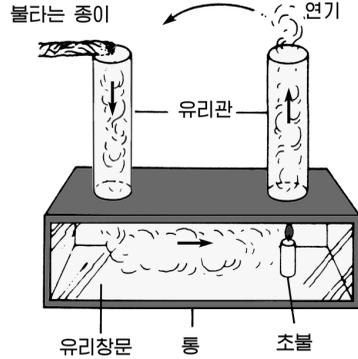



그림 1-21. 기체속에서의 대류

실험은 밑에서 더워진 물이나 연기는 우로 올리흐르고 우에서 식혀진 찬물이나 연기는 아래로 내리흐른다는것을 보여준다.

이러한 흐름은 다른 액체나 기체속에서도 일어난다.

이처럼 액체나 기체에서 더워진 부분이 우로 흐르고 우에 있던 찬 부분이 아래로 흐르는 현상을 **대류**라고 부른다.

대류가 일어날 때 밑에서 더워진 물질이 올리흐르고 찬 물질이 내리흐르는 과정이 되풀이되면서 열이 전달되여 물질전체가 골고루 더워지게 된다.

⚠ 대류는 액체나 기체와 같이 흐르는 성질을 가진 물질속에서만 일어나고 고체속에서는 일어나지 못한다.

대류현상은 왜 일어나겠는가를 생각해보아라.

대류현상의 리용

액체속에서의 대류현상을 리용하면 살림집에 더운물을 보장할수 있다.(그림 1-22)

대류에 의하여 보이라에서 가열된 더운물이 우로 올라가 더운물저장탕크에 채워지고 탕크의 아래부분의 식은 찬물은 아래로 흘러내려와 다시 보이라에서 가열된다. 그러므로 찬물탕크에 물을 충분히 보장하면 언제나 더운

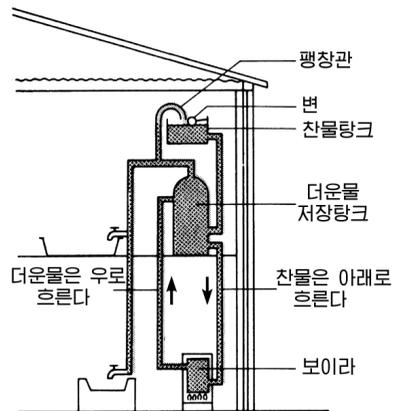



그림 1-22. 액체의 대류를 리용한 더운물보장체계

물을 뽑아쓸수 있다.

기체속에서의 대류현상을 리용하여 방열기나 랭풍기로 방안온도를 일정하게 보장할수 있다. 예로부터 우리 선조들이 리용한 구들식온돌방안에서는 제일 낮은 방바닥이 골고루 더워진다.(그림 1-23)

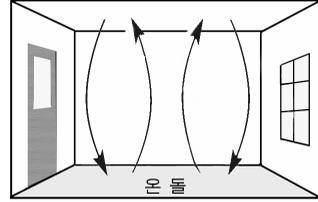
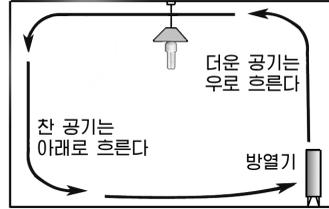
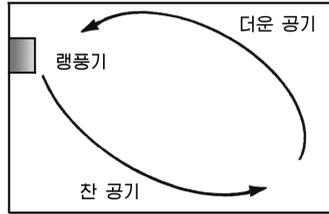



그림 1-23. 온돌방안에서의 공기의 대류

대류현상을 리용하여 방열기나 랭풍기로 겨울과 여름에 방안의 온도를 높이거나 낮출수 있다.(그림 1-24)

그림 1-24. 기체의 대류를 리용한 방안온도보장

대류현상에 의하여 바다가지방에서 바람방향은 낮과 밤에 바뀐다.(그림 1-25)

낮(그림 1-25의 ㄱ)에는 바다물보다 비열이 더 작은 륙지의 온도가 더 높으므로 륙지우의 더운 공기가 우로 올리흐르고 바다가에서 찬 공기가 밀려온다. 밤(그림 1-25의 ㄴ)에는 비열이 더 큰 바다물의 온도가 륙지보다 더 높으므로 바다우의 더운 공기가 우로 올리흐르고 륙지에서 찬 공기가 밀려온다. 따라서 바다가지방에서 바람이 낮에는 륙지쪽으로, 밤에는 바다쪽으로 분다.

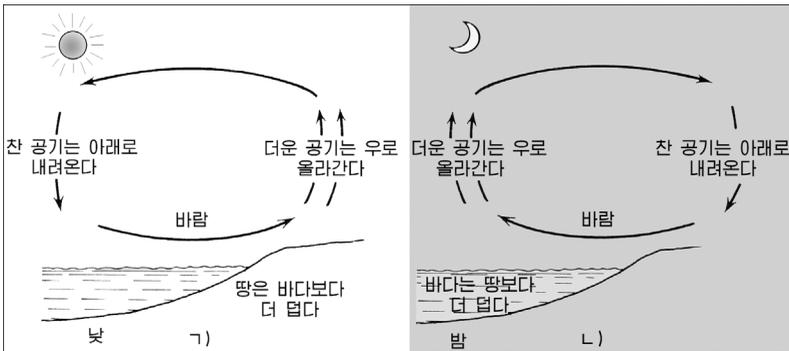



그림 1-25. 바다가지방에서 낮과 밤의 바람방향은 바뀐다

문 제

1. 고체속에서는 왜 대류가 일어나지 않겠는가?
2. 방안온도를 보장하기 위하여 여름에 랭풍기는 방안의 웃쪽에, 겨울에 방열기는 방안의 창문쪽 아래에 놓는다. 왜 그런가?
3. 한증탕에서 온도는 우로 올라갈수록 높은가, 아래로 내려올수록 높은가? 왜 그런가?

제6절. 열 복 사

열복사현상

열전도나 대류는 물질을 통하여서만 일어난다. 그런데 태양과 지구사이의 공간은 대부분이 물질이 없는 텅 빈 공간(진공)으로 되여있는데도 지구는 태양열을 받는다. 그것은 무엇때문인가.(그림 1-26)

그림 1-26. 해빛은 진공인 우주공간을 지나서 지구에 온다

지구는 태양으로부터 빛을 받는다. 낮에 태양빛을 받는 양지쪽의 땅온도는 높지만 태양빛을 받지 못하는 음지쪽의 땅온도는 낮다. 이로부터 태양에서 지구로 오는 열은 빛에 의하여 전달된다는것을 알수 있다. 즉 태양빛이 퍼질 때 열전달을 동반한다.

물체가 내보내는 빛에 의하여 열이 전달되는 현상을 **열복사**라고 부른다. 그리고 빛에 의하여 운반되는 열을 **복사열**이라고 부른다.

그러면 열복사는 우리 눈에 보이는 빛에 의해서만 일어나겠는가.

한가지 실례를 들어보자.

뜨거운 방열기가까이에 마주 서면 빛은 보이지 않아도 얼굴이 확확 달아오른다. 그러나 종이로 얼굴을 가리우면 얼굴에 와닿던 뜨거운 열이 막힌다. 이로부터 눈에 보이지 않는 빛도 열을 전달한다는것을 알수 있다.

눈에 보이지는 않으나 열작용을 하는 빛을 **적외선**이라고 부른다.

열복사는 빛을 내보내는 물체의 온도가 높으면 적외선과 함께

눈에 보이는 빛에 의하여 진행되고 온도가 낮으면 적외선만에 의하여 진행된다.

열복사는 온도가 서로 다른 두 물체사이에 아무런 물질이 없어도 눈에 보이는 빛이든 보이지 않는 빛이든 빛이 전파되면 이 빛에 의하여 열이 전달되는 현상이다.

열복사의 리용

복사열을 내보낸 물체의 온도는 내려가고 복사열을 받은(흡수하는) 물체의 온도는 올라간다.

어떤 물체가 복사열을 잘 내보내고 또 어떤 물체가 복사열을 잘 받아들이겠는가.

그림 1-27. 어느쪽이 열을 더 잘 복사하는가

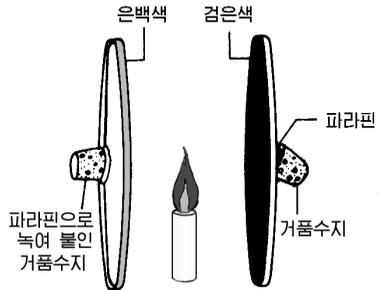
그림 1-27과 같이 알루미니움그릇의 겉면을 한쪽 절반은 매끈하게 연마하고 다른쪽 절반은 그을음으로 검은 칠을 한 다음 그속에 끓는 물을 넣고 두손을 가까이 가져가본다. 이때 검은쪽의 손이 더 더운감을 느낀다.

그림 1-28. 어느쪽이 열을 더 잘 흡수하는가

그림 1-28과 같이 꼭같은 두 알루미니움판에 각각 거품수지쪼각을 파라핀으로 녹여붙이고 한쪽 안면은 매끈하게 연마하고 다른쪽 안면은 그을음으로 꺼칠하게 칠한 다음 초불가까이에 같은 거리로 가져간다. 이때 검은 칠을 한 판에 붙은 거품수지쪼각이 먼저 떨어지는것을 볼수 있다.

이로부터 열복사는 물체의 겉면이 검고 꺼칠하면 희고 매끈한것보다 더 잘 진행되며 복사열을 더 잘 흡수한다는것을 알수 있다.

겨울에 검은 색갈의 어두운 옷을 많이 입는것은 태양열을 많이 흡수하기 위한것이고 여름에 흰 색갈의 환한 옷을 많이 입는것은 태양열을 적게 흡수하기 위한것이다.

물체가 겉면의 색갈에 따라 복사열을 더 잘 흡수하는 성질을 리용하여 밥가마나 남비의 바깥쪽 밑면은 검정칠을 꺼칠하게

해놓는다.

보온병속에 들어있는 유리병을 들여다보면 안쪽 면이 매끈하게 은도금을 한 거울면으로 되여있다. 이것은 더운물의 복사열을 전부 안쪽으로 반사시켜 밖으로 잘 복사되지 않도록 하기 위해서이다.(그림 1-29)

열복사는 빛을 내보내는 물체의 겉면적이 클수록 크다.

방열기의 겉모양은 많은 주름을 주어 겉면적을 크게 함으로써 방안을 덥히는데 필요한 열을 더 많이 복사하도록 되여있다.

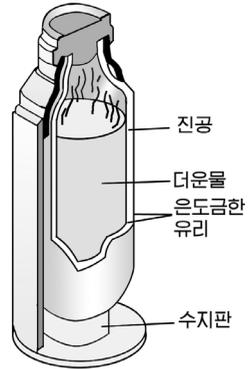



그림 1-29. 보온병에서 열복사의 방지

문 제

1. 얼음우에 석탄재를 펴놓으면 얼음이 빨리 녹는다. 왜 그런가?
2. 밭에 두엄을 많이 내여 땅을 거무스름하게 만들면 왜 좋은가?
3. 랭동운반차는 왜 겉면을 흰색 또는 번쩍거리는 알루미니움판으로 만드는가? 이런 운반차로 더운 식료품을 실어나른다면 어떻게 되겠는가?
4. 그림 1-29를 보면서 보온병에서 열전달을 막기 위한 대책이 어떻게 세워져있는가를 설명하여라.

겉면에서 열의 반사와 흡수

물체가 겉면이 흰색이면 태양열을 받아 일부는 반사시키고 일부는 흡수한다.(그림 1-30의 ㄱ) 물체가 겉면이 은백색거울면이면 태양열을 받아 대부분은 반사시키고 일부는 흡수한다.(그림 1-30의 ㄴ) 물체가 겉면이 검은색이면 태양열을 전부 흡수하므로 반사시키는 열은 없다.(그림 1-30의 ㄷ)

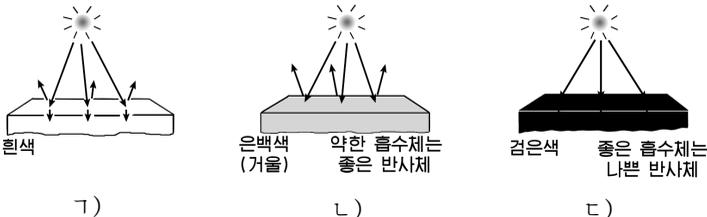



그림 1-30. 물체의 겉면에 따라 열의 반사와 흡수정도가 다르다

제7절. 연료의 발열량과 열효률

석탄, 석유, 메탄가스와 같이 태워서 열을 얻을수 있는 물질이 연료이다.

인민경제가 발전하고 인민생활이 높아짐에 따라 더 많은 연료가 요구된다. 그러므로 연료를 더 많이 생산하여야 할뿐아니라 생산된 연료를 효과적으로 리용하여 극력 절약하여야 한다.

연료의 발열량

연료의 종류에 따라서 그것을 태울 때 나오는 열량은 서로 다르다.(그림 1-31) 즉 꼭같은 질량의 서로 다른 연료를 태울 때 나오는 열량은 꼭같지 않다. 이때 나오는 열량이 클수록 그 연료의 질이 더 좋다고 말한다.

그림 1-31. 여러가지 연료

그러면 연료의 질은 무엇으로 평가하겠는가.

연료의 질을 평가하기 위하여 발열량을 쓴다.

어떤 연료 1kg이 완전히 탈 때 나오는 열량을 그 연료의 **발열량**이라고 부른다.

연료의 질량을 m, 그것이 탈 때 나오는 열량을 Q라고 하면 연료의 발열량 q는 다음과 같다.

$$\text{연료의 발열량} = \frac{\text{열량}}{\text{연료의 질량}}$$

$$q = \frac{Q}{m}$$

발열량의 단위는 1J/kg이다. 1J/kg은 연료 1kg이 완전히 탈 때 1J만 한 열량이 나오는 연료의 발열량이다.

몇가지 연료의 발열량값들을 다음의 표에 주었다.

몇가지 연료의 발열량

연 료	발열량[10^7J/kg]	연 료	발열량[10^7J/kg]
장 작	1~2	석 유	4.3
무연탄	2~3.4	중 유	3.8~4.1
갈 탄	2.5~2.0	니 탄	2.2~2.5
휘발유	4.4	숯	3

발열량이 큰 연료는 1kg의 연료를 태울 때 더 많은 열량이 나오므로 보다 질좋은 연료로 된다.

연료가 탈 때 나오는 열량을 구하자면 그 연료의 발열량이 얼마인가를 상수표를 리용하여 알아내고 태운 연료의 질량을 알아내여 다음과 같이 계산하면 된다.

열량 = 질량 × 발열량

$$Q = mq$$

열 효 률

연료를 태울 때 나오는 열량을 모두 효과있게 쓴다고 볼수 있는가.

보이라에서 석탄을 태워서 방안을 덥히는 경우를 보자.(그림 1-32)

석탄이 탈 때 나오는 열량가운데서 일부는 연기, 탄재와 함께 굴뚝으로 나가고 일부는 보이라설비자체를 덥히는데 쓸모없이 쓰이며 일부는 보이라에서 방안까지 열전달되는 과정에 잃어버린다.

그러므로 연료를 태워서 얻은 열량전체가 방안을 덥히는데 쓰이지 못하고 그 일부만이 쓰인다. 즉 실제로 효과있게 쓰인 열량은 연료가 탈 때 나오는 전체 열량가운데서 일부몫만을 차지한다.

연료가 완전히 탈 때 나오는 열량가운데서 효과있게 쓰인 열량이 몇%인가를 나타내

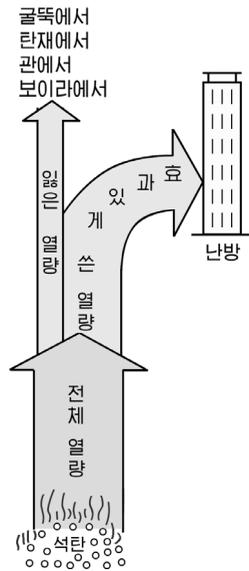



그림 1-32. 효과있게 쓴 열량과 잃은 열량

는 량을 **열효률**이라고 부른다.

열효률을 η(에타)로 표시하면 다음과 같다.

$$열효률 = \frac{효과있게\ 쓰인\ 열량}{연료를\ 태워\ 얻는\ 전체\ 열량} \times 100(\%)$$

$$\eta = \frac{Q_{효}}{Q} \times 100(\%)$$

열관리에서 가장 중요한것은 열랑비를 없애고 열효률을 높여 얻은 열량을 될수록 효과적으로 쓰는것이다.

[례제] 석유곤로로 1L의 물을 18℃에서 100℃까지 덥히는데 25g의 석유가 들었다. 석유곤로의 열효률을 구하여라.

풀이. 주어진것: $V_{물}$=1L, $m_{석유}$=25g=0.025kg, $m_{물}$=1kg

$c_{물}$=4 200J/(kg·℃), $q_{석유}$=4.3×10^7J/kg

t_1=18℃, t_2=100℃, $\rho_{물}$=1kg/L

구하는것: η?

석유가 탈 때 나오는 열량

$$Q = q_{석유}m_{석유} = 4.3\times10^7\text{J/kg}\times0.025\text{kg} \approx 1.1\times10^6\text{J}$$

물을 덥히는데 쓴 열량

$Q_{효} = c_{물}m_{물}(t_2-t_1) =$

$= 4\,200\text{J/(kg·℃)}\times1\text{kg}\times(100℃-18℃) =$

$= 344\,400\text{J} \approx 0.34\times10^6\text{J}$

석유곤로의 열효률

$$\eta = \frac{Q_{효}}{Q} = \frac{0.34\times10^6\text{J}}{1.1\times10^6\text{J}}\times100(\%) \approx 30.9(\%)$$

답. 약 30.9%

문제

1. 석탄 1t을 태우면 얼마만한 열량을 얻을수 있는가?
2. 발열량이 3.4×10^7J/kg인 무연탄 0.5t으로 온도 20℃인 물을

100℃까지 덥히려고 한다. 물 몇kg을 덥힐수 있는가? 여기서 무연탄이 탈 때 나오는 열량의 50%가 물을 덥히는데 소비되였다고 한다.

3. 석유곤로에 0.8kg의 석유가 들어있다. 곤로의 열효률이 40%라면 이 곤로로 얼마만한 량의 물을 10℃에서 100℃까지 덥힐수 있겠는가? 석유의 발열량은 4.3×10^7J/kg이다.

[복습문제]

1. 물체들사이에 열을 주고받는 실례를 3가지이상 들어보아라.

2. 일하여 열을 얻는 실례와 열로 일하는 실례를 3가지이상 들어보아라.

3. 다음의 문장들가운데서 옳은것과 틀린것을 찾고 그 근거를 밝혀라.

ㄱ) 온도가 낮은 물체는 가지고있는 열량도 적다.

ㄴ) 열을 받으면 온도가 올라가고 열을 내보내면 온도가 내려간다.

ㄷ) 질량이 다르고 온도가 같은 물체들사이에서 열전달은 없다.

ㄹ) 두 물체가 같은 온도만큼 올라갈 때 받는 열량도 반드시 같다.

4. 여름과 겨울, 낮과 밤의 대기온도차가 바다가에서는 그리 크지 않지만 산악지대에서는 심하다. 무엇때문인가?

5. 다음의 □안에 알맞는 단어를 써넣어라.

ㄱ) 비열이 클수록 같은 질량의 온도를 1℃만큼 높이는데 □ 열량이 든다.

ㄴ) 같은 질량의 물체에 같은 열량을 주면 온도가 높이 올라갈수록 비열이 □ 물질이다.

6. 두 종류의 물질이 있는데 그것들의 질량비는 1:4, 흡수한 열량의 비는 3:2, 올라간 온도의 비는 3:1이다. 그것들의 비열의 비는 다음과 같다. 어느것이 옳은가?

ㄱ) 1:4　　ㄴ) 8:9　　ㄷ) 1:2　　ㄹ) 2:1

7. 겨울에 방을 일정한 온도로 유지하기 위하여 1h당 대략 4 200kJ의

열량이 필요하다. 방열기로 들어오는 더운물의 온도가 80℃이고 방열기를 돌고 나갈 때 72℃라고 하면 매 1min당 방열기에 얼마만한 물을 공급해야 하는가?

(**답.** 약 2.1kg)

8. 4개의 물고뿌 A, B, C, D가 있는데 질량이 각각 1kg, 2kg, 3kg, 4kg이고 처음온도는 각각 0℃, 20℃, 40℃, 60℃이다. 만일 이것들을 모두 100℃까지 가열시킨다면 고뿌가 흡수한 열량을 무시할 때 그것들중에서 열을 가장 많이 받은 물고뿌는 어느것인가?

(**답.** C)

9. 질량이 2kg인 알루미니움가마에 3L의 물이 들어있다. 물의 온도는 20℃이다. 이 물을 100℃까지 덥히려면 몇J의 열량이 필요한가?

(**답.** 1 152kJ)

10. 85℃의 더운물과 15℃의 찬물이 있다. 350cm^3인 유리고뿌에 65℃의 물을 가득 채우자면 각각 얼마만큼 섞어야 하겠는가? 이때 그릇의 비열은 무시한다. 그리고 물의 밀도는 $10^3kg/m^3$이다.

(**답.** 250g, 100g)

11. 강철을 굳게 하기 위하여 벌겋게 달구었다가 찬물에 넣어 갑자기 식힌다. 12kg의 달군 강철을 20℃의 물 72kg에 넣어 식혔더니 평형온도가 33℃로 되였다. 달군 강철의 온도는 얼마이겠는가? 강철의 비열은 460J/(kg·℃)이다.

(**답.** 약 745℃)

12. 알루미니움과 같은 금속으로 만든 그릇에 뜨거운 물을 담으면 그릇이 인차 뜨거워져 쥐기 힘들지만 사기로 된 그릇은 그렇지 않다. 또한 금속그릇의 뜨거운 물을 쏟으면 금속그릇이 인차 식지만 사기그릇은 뜨거운 물을 쏟아도 인차 식지 않는다. 그 리유는 무엇인가?

13. 눈이 많이 온 해에는 밭의 흙이 깊이 얼지 않는다. 왜 그런가?

14. 보온재료로 유리솜을 많이 쓰고있다. 그 리유는 무엇인가?

15. 추운 겨울날 솜옷이나 털옷을 입으면 춥지 않다. 왜 그런가?

16. 전기인두를 철로 만들지 않고 동으로 만드는 리유를 설명하여라.(그림 1-33)

그림 1-33

17. 모닥불이 탈 때 불길과 연기는 옆으로 퍼지지 않고 우로 곧추 올라간다. 왜 그런가?

18. 물을 덥히려면 언제나 밑부분에 열을 주어야 한다. 왜 그런가?

19. 대형변압기에는 여러개의 금속관이 달려있다. 왜 이렇게 하는가?

20. 강물이나 호수의 물은 우로부터 얼기 시작한다. 왜 그런가?

21. 불을 피운 난로에서 열은 어떤 방법으로 전달되는가를 설명하여라.

22. 여름날 대기의 온도는 해가 제일 세게 내려쪼이는 정오가 아니라 오후 2시경이 되여야 제일 높아진다. 왜 그런가?

23. 열전도, 대류, 열복사에 의한 열전달의 같은 점과 다른 점을 말하여라.

24. 석유곤로에서 1L의 물을 10℃에서 100℃까지 덥히는데 25g의 석유가 든다. 열효률을 구하여라.

석유의 발열량은 4.4×10^7J/kg, 물의 비열은 4 200J/(kg·℃)이다.

(**답.** 약 34.4%)

25. 10g의 석유가 탈 때 15℃의 물 23kg을 몇℃까지 덥힐수 있는가? 석유가 탈 때 나오는 열량전부가 물을 덥히는데 쓰이였다고 보아라.

(**답.** 약 19.6℃)

제2장. 전 기

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《전기는 모든 산업을 움직이는 기본동력입니다. 전기가 없이는 기술혁명의 성과적수행도 나라의 경제발전도 기대할수 없습니다.》

우리 주위에는 전기에 의하여 일어나는 현상들이 수없이 많다. 하늘땅을 뒤흔드는 번개와 우뢰도 대기속에서 일어나는 하나의 전기적현상이다.

이 장에서는 전기의 본질을 밝히는 대전현상과 그 원인, 전기회로와 전류, 전압, 저항사이의 관계를 밝히는 옴의 법칙 등에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 마찰에 의한 물체의 대전

전 기 힘

마찰할 때 전기가 생겨나는 현상을 다음의 실험들에서 살펴보자.

실 험

○ 염화비닐막대기를 털이나 모직천에 마찰한 다음 종이쪼각들우에 가져다댄다.(그림 2-1) 종이쪼각들이 끌려간다.

○ 얇은 염화비닐판(책받치개)을 손등으로 여러번 마찰한 다음 머리우에 가져다댄다.(그림 2-2) 역시 머리카락들이 끌려간다.

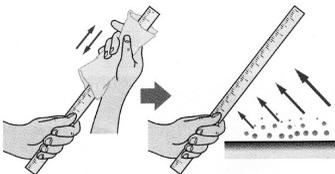



그림 2-1. 염화비닐 막대기의 대전현상

그림 2-2. 책받치개의 대전현상

실험을 통하여 서로 다른 물체들끼리 마찰시키면 물체들은 전

기를 띠며 종이쪼각과 같은 작은 물체들을 끌어당긴다는것을 알수 있다.

※ **전기의 발견**

사람들은 먼 옛날부터 털이나 모직천에 마찰한 호박이 먼지나 종이쪼각 같은것을 끌어당긴다는것을 알고있었다.

호박이란 오랜 옛날 송진이 땅속에서 굳어져 화석으로 된것이다. 16세기말에 호박뿐아니라 유리나 류황, 에보나이트 등 여러가지 물질들을 마찰하면 다른 작은 물체들을 끌어당긴다는것이 발견되면서 이때 당기는 힘을 《호박의 힘》이라고 불렀다.

마찰된 물체가 전기를 띠는 현상을 **대전**이라고 부른다. 이때 전기띤 물체를 **대전체**라고 부르며 대전체들사이에 호상작용하는 힘을 **전기힘**이라고 부른다.

양전기와 음전기

전기힘에는 미는 힘과 끄는 힘이 있다. 어떤 때 서로 밀고 어느때 서로 끌어당기는가를 실험으로 알아보자.

실 험

○ 명주천에 마찰시킨 유리막대기를 실에 매달고 여기에 역시 명주천에 마찰한 다른 유리막대기를 가까이 가져가본다.(그림 2-3) 서로 밀리운다.

○ 모직천에 마찰시킨 두개의 염화비닐막대기를 우와 같은 방법으로 해본다.(그림 2-4) 서로 밀리운다.

○ 명주천에 마찰시킨 유리막대기에 모직천에 마찰시킨 염화비닐막대기를 가까이 가져가본다.(그림 2-5) 서로 끌리운다.

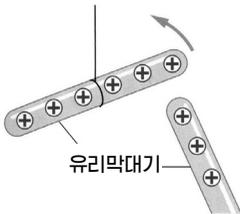



그림 2-3. 대전된 유리막대기들의 호상작용

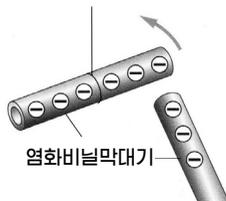



그림 2-4. 대전된 염화비닐 막대기들의 호상작용

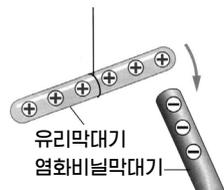



그림 2-5. 유리막대기와 염화비닐막대기의 호상작용

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

첫째로, 대전체들이 서로 잡아당기거나 미는것은 전기에 두가지 종류가 있다는것이다.

둘째로, 같은 종류의 전기는 서로 밀고 다른 종류의 전기는 서로 끌어당긴다는것이다.(그림 2-6)

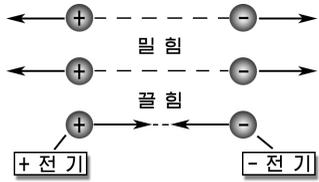



그림 2-6. 양전기와 음전기의 호상작용

전기에는 양(+)전기와 음(-)전기가 있다. 명주천에 마찰한 유리막대기가 띠는 전기를 **양전기**, 모직천에 마찰한 염화비닐막대기가 띠는 전기를 **음전기**라고 약속한다.

물체의 대전차례

? 여러가지 물질들을 서로 마찰시킬 때 어떤 물질이 +전기로 대전되고 어떤 물질이 -전기로 대전되는가.

+전기로 대전되는 순서는 다음과 같다.

⊕모직천(털)→유리→명주천→나무→금속→고무→염화비닐⊖

실례로 모직천에 유리를 마찰하면 모직천은 +로, 유리는 -로 대전되며 명주천에 염화비닐막대기를 마찰하면 명주천은 +전기로, 염화비닐막대기는 -전기로 대전된다.

생각하기 종이쪼각이 대전체에 붙었을 때 종이쪼각이 어떤 전기를 띠게 되는가를 생각해보아라.

문 제

1. 휘발유를 실어나르는 자동차는 쇠사슬을 끌고다닌다. 그 리유를 설명하여라.
2. 사람들은 흔히 속옷으로 입고있던 나이론이나 데트론내의를 어두운 방안에서 벗을 때 옷에서 불꽃이 튀는것을 보게 된다. 이 현상을 설명하여라.
3. 종이쪼각이 대전된 물체에 끌려가 붙은 다음에 튕겨나오는것을 볼수 있다. 그것은 무엇때문인가?

제2절. 마찰한 물체는 왜 대전되는가

모든 물체는 분자로 이루어져있고 분자들은 또 원자들로 이루어져있다. 마찰한 물체가 어떻게 되여 대전되는가를 원자의 내부구조를 놓고 알아보자.

원자의 구조

원자를 쪼개고 그 내부를 들여다보면 원자의 중심에는 **원자핵**이라고 부르는 알갱이가 있고 그 주위에서 운동하는 **전자**라고 부르는 매우 작은 알갱이들을 볼수 있다.

그런데 원자가 가지고있는 전자의 수는 원자의 종류에 따라 다르다.(그림 2-7)

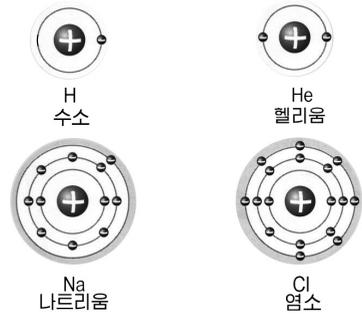



그림 2-7. 여러가지 원자

원자핵은 양(+)전기를 띠고 전자는 음(-)전기를 띠고있다. 이런 서로 다른 부호의 대전체들의 센 전기적끌힘에 의하여 원자가 이루어지는것이다.

원자에서 전자와 핵은 부호가 반대인 전기를 띠고있으나 전기 띤 정도의 크기는 같다. 그러므로 전체적으로 볼 때 원자는 전기를 띠지 않는것과 같다. 이때 원자는 전기적으로 **중성**이라고 부른다.

양이온과 음이온

원자안에 있는 전자들은 핵에 끌리우는 정도가 모두 같지 않다. 어떤 전자들은 센 전기힘을 받아 핵에 세게 끌리우고 또 어떤 전자들은 약한 전기힘을 받아 핵에 약하게 끌리운다. 핵에 약하게 끌리는 전자들은 어떤 다른 힘을 받아 원자에서 쉽게 떨어져나올수 있다. 이때 중성이였던 원자는 전자를 잃고 +전기를 띤다. 떨어져나온 전자는 다른 중성원자에 가붙을수 있다. 이때 중성원자는 전자를 더 얻어 -전기를 띤다.

전기를 띤 분자나 원자와 같은 알갱이를 **이온**이라고 부른다.

+전기를 띤 이온을 **양이온**이라고 부르며 -전기를 띤 이온을 **음이온**이라고 부른다.(그림 2-8)

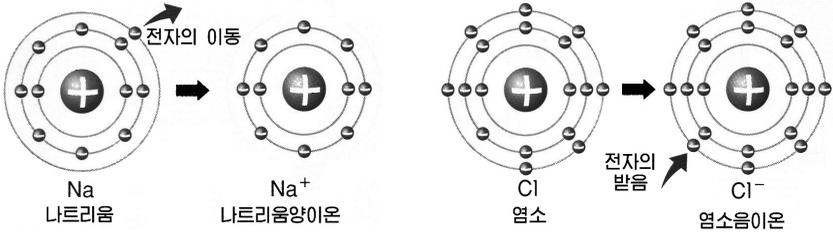



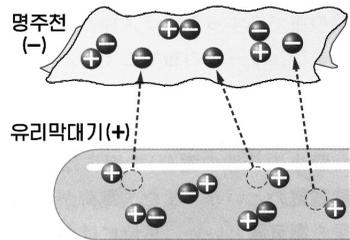
그림 2-8. 양이온과 음이온

마찰한 물체가 대전되는 원인

종류가 다른 물체들을 서로 마찰하면 전자를 약하게 끄는 원자들로 이루어진 물체로부터 전자를 세게 끄는 원자들로 이루어진 물체에로 일부 전자들이 넘어간다. 따라서 전자를 넘겨준 물체는 양전기가 음전기보다 더 많아지므로 +로 대전되며 전자를 넘겨받은 물체는 음전기가 양전기보다 더 많아지므로 -로 대전된다.

례를 들어 유리막대기를 명주천에 마찰하면 유리로부터 명주천으로 전자들이 넘어가 명주천은 -전기로, 유리막대기는 +전기로 대전된다.(그림 2-9)

그림 2-9. 물체의 대전

물체가 대전되는 정도는 전자를 얼마나 많이 넘겨주고 넘겨받았는가에 관계된다. 그리고 종류가 같은 물체는 서로 아무리 마찰하여도 전자를 주고받는 과정이 없으므로 대전현상이 일어나지 않는다.

문 제

1. 수소원자는 1개의 전자를 가지고있다. 수소원자에서 전자가 원자밖으로 떨어져나간다면 수소원자는 어떤 부호의 전기를 띠겠는가?

2. 중성원자로부터 양이온, 음이온으로 되는 과정을 설명하여라.
3. 서로 다른 두 물체를 가만히 잠간 마찰시킬 때와 세차게 오래동안 마찰시킬 때 대전되는 정도가 어떻게 차이나며 왜 그런가를 설명하여라.
4. 다음과 같은 물체들이 서로 마찰할 때 그 물체들이 대전되겠는가? 여기서 무엇을 알수 있는가?
   ㄱ) 유리판과 유리막대기
   ㄴ) 염화비닐막대기와 염화비닐필갑
   ㄷ) 고무공과 고무판
   ㄹ) 고무판과 유리막대기
   ㅁ) 명주천과 금속

제3절. 전 기 량

대전체가 전기를 얼마나 띠고있는가를 무엇으로 잴수 있으며 띠고있는 전기를 어떤 량으로 나타내겠는가를 알아보자.

검 전 기

검전기는 물체가 대전되였는가, 대전되지 않았는가를 알아보는 기구이다.

검전기가운데서 구조가 간단하면서 많이 쓰이는것은 **박검전기**이다.(그림 2-10)

그림 2-10. 박검전기

박검전기는 같은 종류의 전기가 서로 미는 성질을 리용하여 만들었다. 박검전기는 유리병안에 금속으로 된 축이 마개에 의해 고정되여있으며 축의 바깥쪽 웃끝에는 머리(금속구)가, 아낙쪽 아래끝에는 두 잎의 금속박이 매달려있다. 유리병과 마개는 부도체로 되여있다.

박검전기의 금속구에 대전체를 대면 금속박이 같은 종류의 전기를 받아서 서로 밀므로 벌어진다. 이때 벌어지는 각이 클수록 전기를 더 많이 띤다.

금속박대신 바늘을 달아 바늘이 돌아가게 한 검전기도 있다. 검전기로는 대전체가 띤 전기의 부호도 알아낼수 있다.

전기량과 전기소량

물체(대전체)가 전기를 얼마나 띠고있는가를 전기량으로 나타낸다. 즉 대전체가 띠고있는 전기의 량을 **전기량**이라고 부른다.

실 험

○ 두개의 꼭같은 박검전기를 놓고 한 박검전기에만 전기량을 준다.(그림 2-11의 ㄱ)

○ 두개의 박검전기의 머리를 쇠줄로 이으면 두 박검전기의 바늘이 같은 각으로 벌어진다.(쇠줄을 잇기 전보다는 작은 각도이다.)(그림 2-11의 ㄴ) 이때 쇠줄이 띠는 전기량을 무시하면 첫째 박검전기의 전기량은 처음의 절반으로 줄어들었다고 볼수 있다.

○ 둘째 박검전기의 전기량을 없애버리고 두 박검전기를 다시 이으면 첫째 박검전기의 전기량은 다시 절반으로 줄어든다.

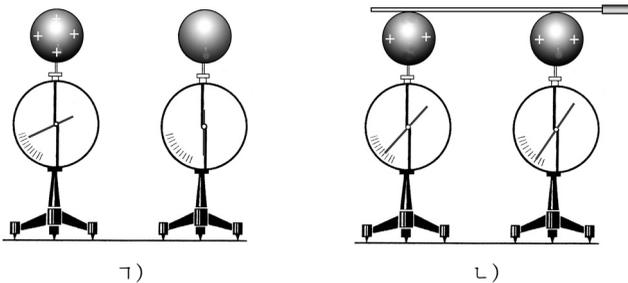



그림 2-11. 박검전기의 전기량을 절반으로 줄이는 방법

이런 방법으로 처음전기량을 그의 1/2, 1/4, 1/8 과 같은 작은 전기량으로 계속 쪼개여나갈수 있다는것을 알수 있다.

그러면 전기량은 끝없이 계속 쪼개여나갈수 있겠는가.

전기량에는 더는 쪼갤수 없는 최소전기량이 있다.

더는 쪼갤수 없는 최소전기량을 가진 알갱이가 바로 전자이다.

즉 전자의 전기량은 더는 쪼갤수 없는 가장 작은 전기량으로 되여 이것을 **전기소량**이라고 부르고 기호 e로 표시한다.

전기량의 단위

전기소량 e는 원자나 분자와 같은 작은 알갱이들이 띠는 전기량의 단위로 쓴다.

그러나 보통 물체가 띠는 많은 전기량을 표시할 때는 1C(**꿀롱**)이라는 단위를 쓴다. 전기량의 국제단위 1C은 전기소량과 다음과 같은 관계가 있다.

$$1C=6.25\times10^{18}e$$

전기소량 1e를 국제단위로 표시하면

$$1e=\frac{1C}{6.25\times10^{18}}=1.6\times10^{-19}C$$

문 제

1. 마찰에 의해 염화비닐막대기가 10^{11}개의 전자를 넘겨받았다. 대전된 염화비닐막대기의 전기량을 전기소량과 국제단위로 표시하여라.
2. 명주천에 마찰시킨 유리가 10^{-16}C으로 대전되였다. 몇개의 전자가 어디서 어디에로 넘어갔겠는가?
3. 세개의 꼭같은 금속구 A, B 및 C가 있다. 다음의 경우에 구 C는 얼마만한 전기량을 띠겠는가? 구 A에는 12×10^{-10}C의 전기량을 주었다.

   ㄱ) B를 A에 대였다가 뗀 다음 C를 B에 대였다가 뗀다.

   ㄴ) A, B, C를 동시에 대였다가 동시에 뗀다.
4. 검전기를 만들어보고 물체의 전기띤 정도에 따라 검전기바늘이 어떻게 벌어지는가를 실험해보아라.

제4절. 전 류

서로 다른 두 물체를 마찰하면 두 물체는 다 대전된다. 이 대전체가 가지고있는 전기량은 한 물체에서 다른 물체에로 넘어갈수 있겠는가.

어떤 물체들에서 어떤 경우에 전기량이 이동할수 있는가에 대하여 알아보자.

전 류

철이나 동과 같은 금속도 마찰하면 대전되겠는가. 실험을 통하여 이것을 알아보자.

실 험

그림 2-12. 금속구의 대전

○ 금속막대기를 손에 쥐고 털에 마찰한 다음 가벼운 종이띠가까이로 가져간다. 이때 종이띠는 끌려가지 않는다.(그림 2-12의 ㄱ)

○ 잘 마른 수지병이나 유리병우에 털에 마찰한 금속구를 올려놓고 가벼운 종이띠를 가까이 가져간다. 이때 종이띠는 금속구에 끌려간다.(그림 2-12의 ㄴ)

○ 털에 대전된 염화비닐막대기를 금속구에 댔다떼고 금속구가까이에 가벼운 종이띠를 가져간다. 역시 종이띠가 끌려간다.(그림 2-12의 ㄷ)

○ 두 병우에 금속구를 올려놓고 금속선으로 이어놓은 다음 한쪽 구 A에 전기띤 막대기를 가져다댄다. 그리고 다른쪽 금속구 가까이에 가벼운 종이띠를 가져가면 종이띠가 끌린다.(그림 2-13)

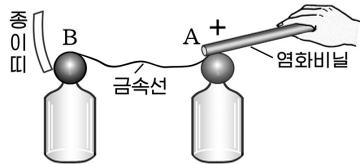



그림 2-13. 금속선을 통한 전자의 이동

실험은 금속도 전기를 띠며 금속을 통하여 대전체의 전기량이 잘 옮겨간다는것을 보여준다.

이것은 금속에도 전기를 띤 알갱이가 있다는것을 의미하며 이 전기띤 알갱이에 의하여 전기량이 한 물체에서 다른 물체에로 옮겨간다는것을 말해준다.

이러한 전기띤 알갱이들의 흐름을 **전류**라고 부른다.

도체와 부도체

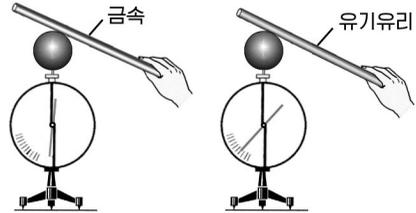
어떤 물질속으로 전류가 잘 흐르겠는가.

실 험

○ 박검전기의 머리에 대전체를 대서 전기를 준 다음 금속(철)막대기를 박검전기머리에 대본다.(그림 2-14) 이때 박검전기의 바늘이 내려간다.

그림 2-14. 도체와 부도체를 가르는 실험

○ 유리막대기를 쥐고 우와 같은 실험을 다시 한다. 박검전기의 바늘이 내려가지 않는다.

○ 다른 여러가지 물체를 쥐고 같은 실험을 하여 박검전기의 바늘이 내려가는가 내려가지 않는가를 살펴본다.

실험에서 본것처럼 금속막대기를 박검전기머리에 대였을 때 바늘이 내려가는것은 박검전기의 전기량이 금속막대기를 통하여 사람의 몸으로 옮겨갔다는것을 말해준다.

이처럼 금속에서와 같이 전기띤 알갱이들이 잘 흐르는 물질을 **도체**라고 부른다. 동, 알루미니움, 금 등 모든 금속들은 다 도체이다.

그림 2-12의 ㄱ에서 금속막대기를 손에 쥐고 털에 마찰한 다음 가벼운 종이띠에 가까이 가져가도 그것이 끌리지 않는것은 마찰할 때 금속막대기가 띤 전기가 사람의 손을 통하여 몸으로 흘러나갔기때문이다. 이것은 사람의 몸도 도체라는것을 말해준다.

유리막대기를 박검전기의 머리에 대였을 때 바늘이 내려가지 않는것은 박검전기의 전기량이 유리막대기를 통하여 흘러나가지 못했기때문이다.

이처럼 전기띤 알갱이가 잘 흐르지 못하는 물질을 **부도체**(절연체)라고 부른다. 유리나 호박, 염화비닐, 고무, 명주천, 류황, 사기등은 다 좋은 부도체이다.

전기분야에서는 도체와 함께 부도체도 중요하게 쓰인다.(그림

2-15) 즉 부도체는 전기선의 절연, 피복에 많이 쓰인다.

그림 2-15. 전기선의 구조

자유전자와 전기나르개

앞에서 본것처럼 모든 물질은 분자, 원자로 이루어져있다.

금속도 원자들로 이루어져있으며 이 원자에서 일부 전자들은 핵주위에 매우 약하게 얽매여있다. 그러므로 이런 전자들은 원자에서 쉽게 떨어져나와 양이온(핵)들사이의 공간에서 자유로이 떠돌아다닌다.(그림 2-16의 ㄱ)

이런 전자들을 **자유전자**라고 부른다.

자유전자들은 금속안에서 전기힘을 받으면 힘의 방향으로 쉽게 옮겨가면서 자기가 띠고있는 전기량을 나르게 된다.(그림 2-16의 ㄴ)

ㄱ)

ㄴ)

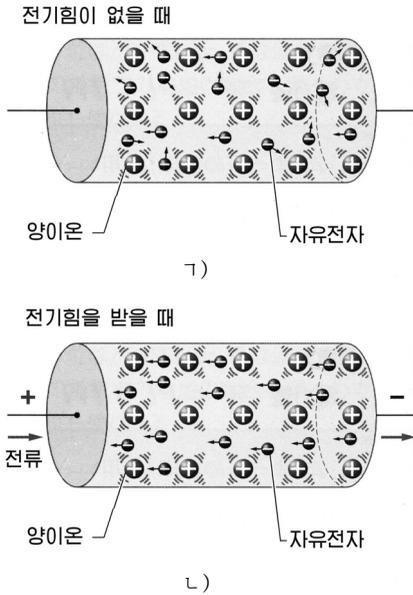



그림 2-16. 자유전자의 이동

금속도체속의 자유전자들처럼 외부힘을 받아 이동하면서 전기를 나르는 전기띤 알갱이들을 통털어 **전기나르개**라고 부른다.

양이온이나 음이온들도 다 전기나르개로 된다.

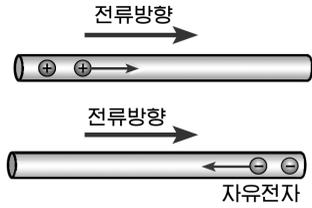
그러므로 전기나르개를 많이 가진 물질은 다 도체이며 전기나르개가 없거나 매우 적은 물질은 부도체이다. 즉 도체속에는 전기나르개가 많고 부도체속에는 전기나르개가 없다. 그러나 부도체인 종이나 나무속에도 적은 량의 전기나르개는 있다.

<u>도체속으로 흐르는 전류란 바로 전기나르개인 자유전자들이 전기힘을 받아 힘의 방향으로 이동하는 현상이다.</u>

전류의 방향

전류가 흐르는 방향은 양전기를 띤 알갱이가 운동하는 방향으로 약속한다. 만일 음전기를 띤 알갱이가 움직이면 전류의 방향은 그의 운동방향과 반대로 된다.

그림 2-17. 전류의 방향

금속도체에서 전기를 나르는것은 -전기를 띤 자유전자들이므로 금속도체속의 자유전자들은 언제나 전류의 흐름방향과 반대로 움직인다.(그림 2-17)

방향이 일정한 전류를 **직류**라고 부르며 방향이 변하는 전류를 **교류**라고 부른다.

문 제

1. 전기줄속에는 수많은 자유전자들이 들어있으며 이것들은 끊임없이 운동하고있다. 그러나 보통때 전기줄은 전기를 띠지 않는다. 왜 그런가?
2. 도체와 부도체를 각각 5가지이상 들어보아라.
3. 도체인지 부도체인지 모르는 어떤 막대기가 있다. 검전기와 모직천, 염화비닐막대기를 가지고 이 막대기가 도체인지 부도체인지를 알아내여라.

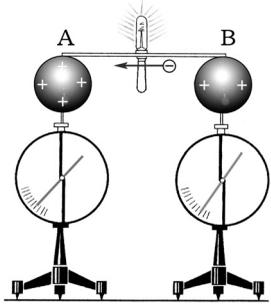
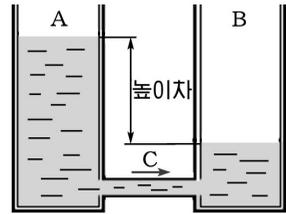
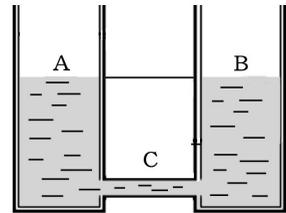
제5절. 전기회로

전류가 흐르기 위한 조건

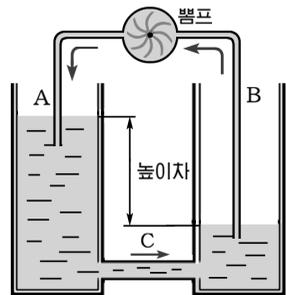
강물은 언제나 높은 곳(상류)에서 낮은 곳(하류)으로 흐른다. 이와 마찬가지로 전기띤 알갱이들도 흐르는 방향을 가지며 어떤 조건이 마련되여야만 흐르게 된다.

❓ 전류는 어떤 조건에서만 흐르는가.

전류를 물흐름과 비교하여 알아보면 쉽게 리해할수 있다.

두 금속구 A와 B를 금속선으로 련결하고 금속구 A가 +전기를 띠게 하면 금속구 B에 있던 자유전자들이 전기힘을 받아 금속구 A에로 옮겨가면서 전류를 이룬다.(그림 2-18)

이것은 마치도 두 물통에서 물높이차가 있을 때에만 물이 흐르는것과 비슷하다.(그림 2-19)

두 금속구로 전류가 흐를 때 금속구 A의 +전기량은 줄어들고 금속구 B는 전자를 넘겨준것만큼 +전기량이 늘어난다. 나중에는 두 금속구가 같은 량의 +전기를 가지며 결국 자유전자에 작용하는 전기힘이 비겨 전류는 흐르지 못하게 된다.

이것은 물높이가 같은 두 물통을 관으로 이었을 때 물이 흐르지 못하는것과 같다.(그림 2-20)

물이 계속 흐르게 하자면 어떻게 해야 하는가.

물이 계속 흐르게 하자면 물통 B에 흘러든 물을 뽐프로 퍼올려 다시 물통 A에 보내줌으로써 두 물통의 물높이차가 계속 보장되게 하여야 한다.(그림 2-21)

이와 마찬가지로 전기띤 알갱이들이 계속 흐르자면 두끝에서 전기량의 차이가 있어야 한다.

이 차이를 보장하면서 전기나르개가 계속 흐르도록 하는 기구가 바로 **전지**이다.

즉 전지는 물흐름길에서 뽐프와 같은 역할을 한다.

전지의 +극은 물흐름길에서 물면이 높은 물통 A에 해당되고 -극은 물면이

그림 2-18. 자유전자들의 이동

그림 2-19. 물은 높이차가 있을 때만 흐른다

그림 2-20. 물은 높이차가 없으면 흐르지 못한다

그림 2-21. 물이 계속 흐르자면 물높이차가 있어야 한다

낮은 물통 B에 해당된다.

물면이 높은 물통의 물이 중력을 받아 물면이 낮은 물통으로 흐르는것처럼 양전기를 띤 알갱이는 전기힘을 받아 +극에서 −극으로 흐른다.(그림 2-22)

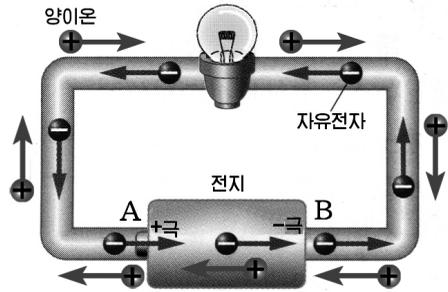



그림 2-22. 전원

물흐름길에서 뽐프가 중력을 이기면서 두 통의 물높이차를 유지해주는것처럼 전지안에서는 전기힘을 이기면서 −극에 온 양전기를 +극으로 되돌려보낸다. 그리하여 +극은 계속 양전기를, −극은 계속 음전기를 띠게 된다.

실지 금속도체에서 전기나르개는 전자이므로 전자가 전지의 −극에서 +극쪽으로 옮겨간다. 전지는 바로 −극에서 전자들이 흘러나가면서 생긴 양전기를 띤 알갱이를 +극에로 퍼올리는 역할을 수행한다. 전지와 같이 전류를 계속 흐르게 하는 장치를 **전원**이라고 부른다.

전기회로와 회로도

전류가 흐르도록 이어져있는 길을 **전기회로**라고 부른다.

❓ 전기회로에 전류가 계속 흐르자면 어떻게 되여야 하는가.

실 험

○ 건전지, 작은 전등, 스위치를 전기줄로 련결하고 스위치를 닫아본다. 이때 전류가 흐르면서 작은 전등에 불이 켜진다.(그림 2-23)

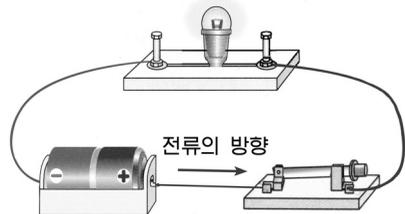



그림 2-23. 간단한 전기회로

실험으로부터 전류가 계속 흐르기 위하여서는 전기회로에 전원이 있어야 하고 회로가 끊어지지 않고 닫겨져야 한다는것을 알수 있다.

전기회로에서 전등이나 전동기, 다리미와 같은 전기기계나 기

구를 **부하**라고 부른다.

전기회로를 이루는 전원, 부하, 스위치 등을 기호로 표시하여 그려놓은 그림을 **회로도**라고 부른다.(그림 2-24)

그림 2-24. 간단한 회로도

전기회로도를 그리는데 쓰이는 몇가지 기호를 그림 2-25에 보여주었다.

전기기구	그림기호	전기기구	그림기호
전지 또는 직류전원		전류계(직류용)	A
전등		전압계(직류용)	V
스위치		도선의 사귐(련결됨)	
저항기 또는 전열선		도선의 어김(련결 안됨)	
전지렬		전기종	

그림 2-25. 회로도를 그리는데 쓰이는 기호들

문 제

1. 전기회로에는 왜 전원이 들어있어야 하는가?
2. 그림 2-22에서 전류의 방향을 화살로 표시하고 그 근거를 밝혀라.
3. 손전지의 전기회로를 회로도로 그려보아라.

제6절. 전류의 세기

전류의 세기와 그 단위

굵기가 다른 두개의 수도꼭지에서 나오는 물흐름을 비교하여보자. 그림 2-26에서 보는것처럼 분명 굵은 관의 수도꼭지에서 나오는 물흐름의 세기가 가는 관의 수도꼭지에서보다 세다.

그림 2-26. 수도물흐름의 세기 비교

이와 같이 물에서 물흐름의 세기에 대하여 말하는것처럼 전류가 흐를 때에도 전류의 세기에 대하여 말한다. 전등에 전류가 흐르면 불이 켜진다. 이때 불의 밝기는 전등에 전류가 세게 흐르는가 약하게 흐르는가에 관계된다.

그림 2-27. 도체의 자름면을 지나는 전기량

그러면 전류의 세기란 무엇인가.

단위시간동안에 도체의 자름면을 지나는 전기량을 **전류의 세기**라고 부른다.(그림 2-27)

$$\text{전류의 세기} = \frac{\text{전기량}}{\text{전류가 흐른 시간}}$$

$$I = \frac{q}{t}$$

전류의 세기의 국제단위는 기호 A로 표시하고 **암페아**라고 부른다. 1A는 1s동안에 도체의 자름면을 통하여 1C의 전기량이 흐를 때의 전류의 세기와 같다.

$$1A=1C/1s$$

약한 전류의 세기를 측정할 때에는 1mA(미리암페아), 1μA(마이크로암페아)를 쓴다.

$$1mA=10^{-3}A$$
$$1\mu A=10^{-6}A$$

가정들에서 리용되는 여러가지 전기기구들과 궤도전차, 전기기

관차에 흐르는 전류의 세기는 다음과 같다.(그림 2-28)

그림 2-28. 몇가지 기구에 흐르는 전류의 세기

전류계와 그 사용법

전류계는 전기회로에 흐르는 전류의 세기를 재는 계기이다.(그림 2-29)

전류계에는 직류전류계와 교류전류계가 있으며 용도에 따라 A계, mA계, μA계가 있다.

직류전류계의 눈금판에는 기호 A̲, 교류전류계의 눈금판에는 A̰의 표시가 있다.

전류의 세기를 재려면 전류계를 어떻게 련결해야 하는가.

그림 2-29. 전류계

전류계를 사용할 때에는 재려는 전류가 직류인가 교류인가 또 전류의 세기가 어느 정도인가를 알아보고 거기에 알맞는 전류계를 선택해서 써야 한다.

전기회로에 전류계를 련결할 때에는 재려는 전류가 모두 전류계를 거쳐 흐르도록 회로의 한 점을 끊고 그사이에 부하와 전류계를 직렬로 련결해야 한다.(그림 2-30)

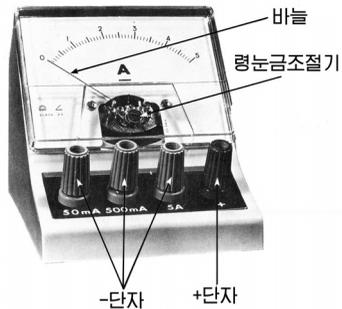
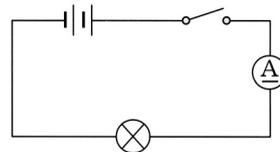
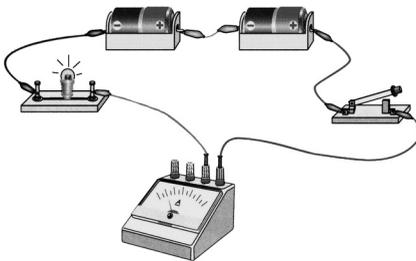



그림 2-30. 직류전류계의 련결방법

50mA, 500mA, 5A의 단자를 가진 직류전류계인 경우 다음과 같이 련결한다.

전원의 +극과 련결된 전기줄을 전류계의 +단자에 련결한다.

전원의 −극과 련결된 전기줄을 재려는 전류의 세기가 어느 정도인가에 따라 5A, 500mA, 50mA의 단자를 선택하여 잇는다.

재려는 전류의 세기를 짐작할수 없을 때에는 먼저 5A의 단자에 이어보고 알맞는 단자를 선택한다.

눈금을 읽을 때에는 전류계의 어느 단자를 쓰고있는가를 먼저 알아보고 그에 맞게 읽어야 한다.

[례제] 콤팍트전등으로 1h동안에 360C의 전기량이 흘렀다면 이때 콤팍트전등으로 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: t=1h=3 600s

q=360C

구하는것: I?

$$I=\frac{q}{t}=\frac{360\ \mathrm{C}}{3\ 600\mathrm{s}}=0.1\ \mathrm{C/s}=0.1\mathrm{A}$$

답. 0.1A

문 제

1. 전기줄의 자름면을 지나 2min동안에 120C의 전기량이 지나갔다면 전류의 세기는 얼마인가?

2. 200mA는 몇A와 같은가? 또 몇μA와 같은가?

3. 0.6A의 전류의 세기로 전등에 5min동안 전류가 흘렀다. 흘러간 전기량은 얼마인가?

4. 1A의 전류가 흐르는 금속도선의 자름면으로 1s사이에 몇개의 전자가 지나가겠는가?

5. 0.2A의 전류가 흐르는 전등으로 2 880C의 전기량이 흘렀다. 전등을 몇h동안 켰겠는가?

제7절. 전 압

물높이가 서로 같은 두개의 물통 A와 B의 밑면을 관으로 련결하고 그 관안에 수차를 설치하면 수차는 돌아가지 않는다. 이제 뽐프를 리용하여 그림 2-31과 같이 물통 B에서 A로 물을 퍼올리면 두 물통의 높이차가 생겨 관 량끝에 생기는 물의 압력차(**수압**)에 의하여 수차는 돌아가게 된다. 수차를 돌리는 힘을 크게 하려면 두 물통의 물높이차를 크게 하여 수압이 커지게 해야 한다.

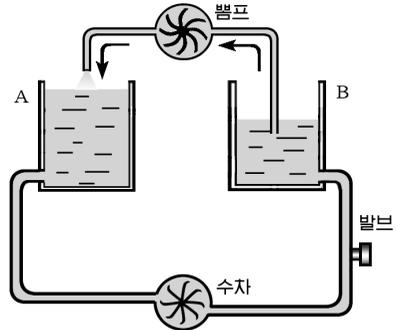



그림 2-31. 물흐름을 생기게 하는 수압

전기회로에 들어있는 전원의 +극은 물면이 높은 물통 A에 해당하고 -극은 물면이 낮은 물통 B에 해당된다. (그림 2-32)

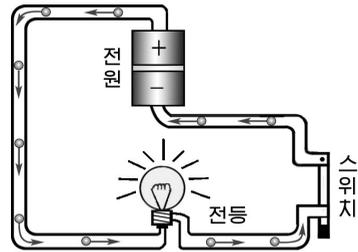



그림 2-32. 전류가 흐를 때 전기힘은 일을 한다

전원의 +극은 -극의 자유전자들을 끌어당기는 전기힘을 주며 결국 회로에서 전기힘이 일을 하게 된다.

이 전기힘이 하는 일에 의하여 전등에서는 불이 켜지며 전동기는 돌아가게 된다.

이처럼 전기회로에서 전류가 흐를 때 전기힘은 일을 하게 된다.

전압과 그 단위

물흐름에서 두 물통의 높이차가 클수록 수차를 돌리는 일이 커지듯이 전기회로에서는 전원의 +극과 -극사이에서《전기의 높이차》가 클수록 전기량을 옮기는 전기힘이 하는 일이 커진다.

전기회로의 두 점사이로 1C의 전기량이 흐를 때 전기힘이 한 일과 같은 량을 그 두 점사이에 걸리는 **전압**이라고 부른다.

회로의 두 점사이로 q의 전기량이 흐를 때 전기힘이 한 일이 A라면 전압은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$전압 = \frac{전기힘이\ 하는\ 일}{전기량}$$

$$U = \frac{A}{q}$$

전압은 언제나 도체의 두 점사이에 걸린다고 말하며 전압의 크기를 전압이 높다, 낮다라는 말로도 표현한다.

전압의 단위는 1V(**볼트**)이다. 1V는 두 점사이로 1C의 전기량이 흐르면서 하는 일이 1J일 때의 전압이다.

$$1V = 1J/1C = 1J/C$$

큰 전압을 잴 때에는 1kV(키로볼트), 1MV(메가볼트), 작은 전압을 잴 때에는 1mV(미리볼트)를 쓴다.

$$1V = 10^3 mV$$
$$1kV = 10^3 V$$
$$1MV = 10^3 kV$$

여러가지 기구에 걸리는 전압을 그림 2-33에 주었다.

1.5V

6V

600V

220V

그림 2-33. 몇가지 기구에 걸리는 전압

전압계와 그 사용법

전압계는 전기회로의 임의의 두 점사이의 전압을 재는 계기이다.(그림 2-34)

전압계에도 직류전압계와 교류전압계가 있다. 직류전압계는 회로에서 기호 V로, 교류전압계는 $\underset{\sim}{V}$로 표시한다.

전압을 재려면 전압계를 어떻게 련결해야 하는가.

전압을 잴 때에는 회로를 끊지

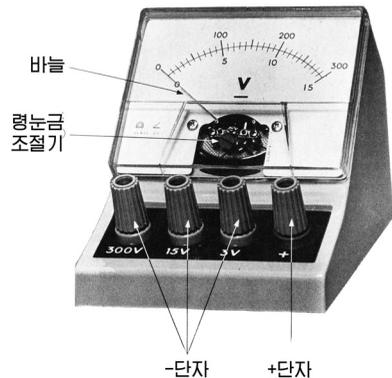
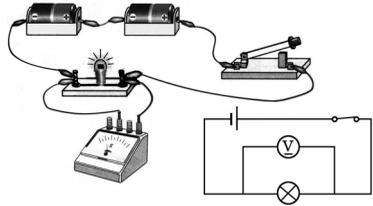



그림 2-34. 전압계

않고 전압을 재려는 두 점사이에 부하와 병렬로 련결하면 된다.(그림 2-35)

그림 2-35. 전압계의 련결법

300V, 15V, 3V의 단자를 가진 직류전압계로 전등에 걸리는 전압을 재는 경우를 보자.

전등에 걸리는 전압을 재기 위해서는 전등에 전압계를 병렬로 련결하면 된다.

즉 전등의 +극에 이어진 단자에는 전압계의 +단자를, 전등의 -단자에는 재려는 전압이 어느 정도인가에 따라 300V, 15V, 3V단자를 선택하여 잇는다.

재려는 전압이 어느 정도인지 짐작할수 없는 경우에는 먼저 300V의 단자를 이어보고 알맞는 단자를 선택하여야 한다.

문 제

1. 전등에 10C의 전기량이 흘렀을 때 전기힘이 한 일이 2 000J이였다. 전등에 걸린 전압은 얼마인가?
2. 건전지, 스위치, 작은 전등, 직류전압계가 있다. 이것을 가지고 전기회로를 만들고 작은 전등에 걸리는 전압을 측정해보아라.
3. 건전지의 전압은 1.5V, 콤팍트전등에 걸린 전압은 220V이다. 이 전압들은 각각 어떤 기구로 어떻게 련결하여 어떤 범위에서 잰 값들인가?

제8절. 전기저항

강물이 흐를 때 잘 흐르는가 못 흐르는가 하는것은 강폭이 넓은가 좁은가, 강바닥이 매끈한가 울퉁불퉁한가에 따라 달라진다. 이와 마찬가지로 도체속으로 전류가 흐를 때 전류의 흐름을 방해하는 저항이 있게 된다.

그러면 전기저항이란 무엇이며 전기저항이 어떤 량에 관계되는가에 대하여 보자.

전기저항과 그 단위

전류의 흐름을 방해하는 작용이 도체에 따라 어떻게 다른가를 알아보자.

실 험

○ 건전지, 동선, 니크롬선, 전류계, 스위치를 가지고 그림 2-36과 같은 전기회로를 만든다.

○ 먼저 AB단자에 동선을 련결한 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 알아본다.

○ 다음 CD단자에 이 동선과 굵기와 길이가 꼭같은 니크롬선을 련결한 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 알아본다.

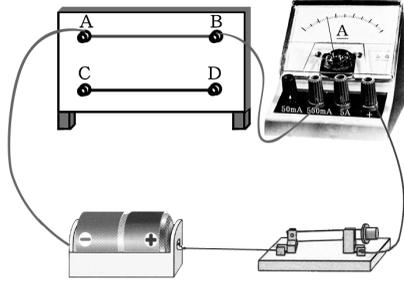



그림 2-36. 도체의 저항을 알아보는 실험

이 실험을 통하여 회로에 같은 전압이 걸려있지만 동선을 련결했을 때의 전류의 세기가 니크롬선을 련결했을 때보다 더 크다는것을 알수 있다. 이것은 같은 전압이 걸려도 동선으로는 전류가 잘 흐르고 니크롬선으로는 전류가 잘 흐르지 못한다는것을 보여준다. 즉 니크롬선이 동선보다 전류의 흐름을 방해하는 성질이 더 크다는것을 알수 있다.

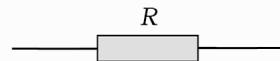
전류의 흐름을 방해하는 작용의 크기를 **전기저항** 또는 간단히 **저항**이라고 부른다.

전류의 흐름을 방해하는 저항작용은 도체의 종류에 따라 다른데 이것은 도체가 가지는 고유한 성질이다.

도체에 전류를 방해하는 성질이 클수록 전기저항이 크다고 말하며 도체가 전류를 잘 흘려보낼수록 전기저항은 작다고 말한다.

도체의 저항은 R로 표시하며 전기회로에서는 그림 2-37과 같이 표시한다.

그림 2-37. 저항의 기호표시

전기저항의 국제단위는 1Ω(**옴**)

이다. 1Ω은 1V의 전압을 걸어줄 때 1A의 전류를 흘려보낼수 있는 도체의 저항이다. 즉

$$1\Omega = 1V/1A = 1V/A$$

큰 저항을 잴 때에는 1kΩ(키로옴), 1MΩ(메가옴)을 쓴다.

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$
$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6\Omega$$

전기저항은 저항계(회로에서 Ω으로 표시) 또는 회로시험기(테스타)로 잰다.

비저항

전류의 흐름을 방해하는 전기저항은 도체의 종류에 따라 다르다.

그러면 같은 도체에서는 전기저항이 다 같겠는가. 다시말하여 같은 종류의 도선이라도 굵기와 길이에 따라 전기저항이 달라지겠는가.

실험

○ 널판자의 AB단자에는 가는 니크롬선을, CD단자에는 굵은 니크롬선을 늘이고 전지, 스위치, 전류계와 이어 닫긴 회로를 만든 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 본다.(그림 2-38의 ㄱ) 가는 니크롬선을 련결했을 때의 전류의 세기가 굵은 니크롬선을 련결했을 때보다 더 작다.

○ 널판자의 AB단자에 가는 니크롬선을 그대로 두고 CD단자에 그와 굵기는 같고 길이가 짧은 니크롬선을 늘여놓고 역시 전지, 스위치, 전류

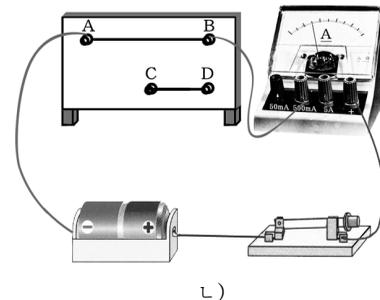
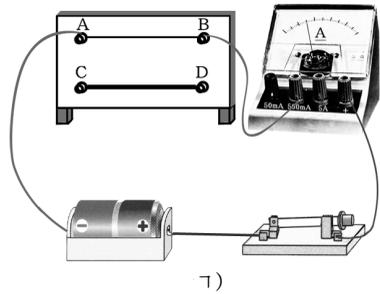



그림 2-38. 전기저항은 무엇에 관계되는가를 알아보는 실험

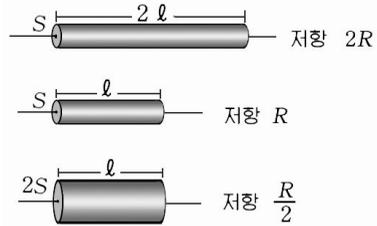
계와 이어 전기회로를 만든 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 본다.(그림 2-38의 ㄴ) 길이가 긴 니크롬선을 련결했을 때의 전류의 세기가 길이가 짧은 니크롬선을 련결했을 때보다 더 작다.

그러면 전기저항은 전기줄의 굵기와 길이에 어떻게 관계되는가.

그림 2-39. 도체의 저항과 길이, 자름면적사이관계

전기줄의 굵기가 작을수록, 도선의 길이가 길수록 도선으로 흐르는 전류를 방해하는 전기저항이 더 크다.(그림 2-39) 즉 도체의 저항은 도선의 자름면적에 거꿀비례하고 도선의 길이에 비례한다.

$$\text{저항} = \text{비저항} \times \frac{\text{길이}}{\text{자름면적}}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

이 식에서 비례결수 ρ는 도선의 굵기나 길이에는 관계없고 도선의 재질에만 관계되는 량으로서 **비저항**이라고 부른다.

다시말하여 비저항은 자름면적이 1m^{2}이고 길이가 1m인 도선의 저항이다.

비저항의 단위는 1Ω·m(옴-메터)이다. 1Ω·m는 길이가 1m이고 자름면적이 1m^{2}인 도선의 저항이 1Ω이라는것을 나타낸다.

비저항이 작은 동선이나 알루미니움선은 련결선(전기선)으로 쓰고 비저항이 큰 니크롬선은 가열선(저항선)으로 쓴다.

몇가지 물질의 비저항($\times 10^{-8}$Ω·m)

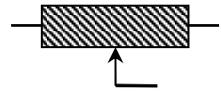
물 질	비저항	물 질	비저항	물 질	비저항
은	1.62	월프람	5.6	콘스탄탄	50
동	1.7	철	10	수은	96
알루미니움	2.62	망가닌	45	니크롬	110

가변저항기

가변저항기는 저항의 크기가 길이에 비례한다는 성질을 리용하여 저항값을 변화시킬수 있는 일정한 도체로 된 전자요소이다.

그림 2-40. 가변저항기

회로에서 표시는 그림 2-40과 같다.

가변저항기를 통하여 회로에 흐르는 전류의 세기와 회로에 걸리는 전압을 변화시킬수 있다.

[례제] 자름면적이 0.1mm^2인 니크롬선으로 저항이 80Ω인 전기인두를 만들려고 한다. 니크롬선의 길이를 얼마로 하여야 하는가?

풀이. 주어진것: $S=0.1\text{mm}^2=0.1\times10^{-6}\text{m}^2$

$R=80\Omega$

$\rho=110\times10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$

구하는것: ℓ?

$$R=\frac{\rho\ell}{S}\ \rightarrow\ \ell=\frac{RS}{\rho}=\frac{80\times0.1\times10^{-6}}{110\times10^{-8}}\approx7.27(\text{m})$$

답. 약 7.27m

문 제

1. 동선이나 알루미니움선은 련결도선으로 리용하는데 강철선이나 니크롬선은 왜 련결선으로 쓸수 없는가?
2. 길이가 3.2m이고 반경이 0.8mm인 철선의 저항을 구하여라.
3. 자름면적이 1mm^2인 어떤 도체 10m의 저항이 4.53Ω이다. 물질의 비저항은 얼마인가?

제9절. 옴의 법칙

작은 전등에 전지 한개를 이었을 때보다 전지 두개를 직렬로 이었을 때 전등불이 더 밝다. 왜 그런가를 알아보자.

전압과 전류의 세기사이관계

그러면 금속도체에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기사이에는 어떤 관계가 있겠는가.

실 험

○ 전기다리미의 니크롬선 A(1m 정도)를 전지, 전류계와 직렬로 련결하고 니크롬선에 걸리는 전압을 잴수 있게 전압계를 병렬로 이어 회로를 만든다.(그림 2-41)

그림 2-41. 니크롬선에 걸리는 전압과 전류의 세기사이관계

○ 니크롬선 A에 한개의 전지를 잇고 전압과 전류의 세기를 잰다.

○ 전지 2개, 3개를 잇고 그때마다 니크롬선에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기를 잰다.

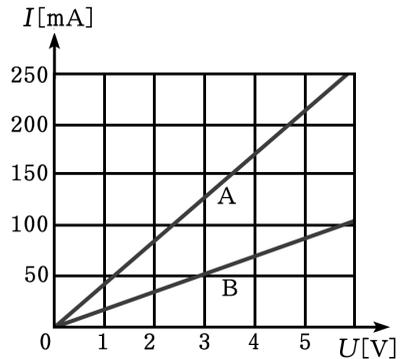
○ 니크롬선 B(A보다 저항이 더 크다.)를 가지고 우와 같은 실험을 반복하여 두 니크롬선에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기를 재여 표에 써넣는다.

전압 U [V]		0	1.5	3	4.4	5.7
전류의 세기 I [mA]	도선 A	0	60	122	162	242
	도선 B	0	26	52	76	94

실험에서 얻은 값들을 가지고 그라프를 그려본다.

가로축에 전압, 세로축에 전류의 세기의 눈금을 새기고 니크롬선 A와 B에 대하여 어떤 전압에서 얼마만한 전류가 흘렀는가를 표시하는 점들을 찍고 선으로 잇는다.(그림 2-42)

그림 2-42. 전압과 전류의 세기사이관계그라프

이 선은 원점을 지나는 꺾인선으로 나타나는데 실험에서 오차가 있다는것을 주의하면 전압,

전류의 세기사이관계를 표시하는 그라프가 자리표원점을 지나는 직선이라는것을 알수 있다.

이때 전압을 2배, 3배로 크게 하면 어떻게 되겠는가.

두 그라프가 원점을 지나는 직선으로 표시된다는것은 전압이 2배, 3배, …로 커지면 전류의 세기도 2배, 3배, …로 커진다는것을 의미한다.

그림 2-41에서 같은 전압이 걸렸을 때 두 도선에 흐르는 전류의 세기값들을 비교하면 저항이 작은 니크롬선 A에 흐르는 전류의 세기가 저항이 큰 니크롬선 B에 흐르는 전류의 세기보다 크다는것을 알수 있다. 다시말하여 금속도선에 흐르는 전류의 세기는 그 도선의 저항이 작을수록 크다.

옴의 법칙

우의 실험결과를 묶어보면 다음과 같다.

금속도선에 흐르는 전류의 세기는 거기에 걸린 전압에 비례하고 금속도선의 저항에 거꿀비례한다. 이것을 **옴의 법칙**이라고 부른다.

$$\text{전류의 세기} = \frac{\text{전압}}{\text{저항}}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

[례제] 3V의 전압이 걸렸을 때 200mA의 전류가 흐르는 도체의 전기저항은 얼마인가? 이 도체에 12V의 전압이 걸리면 얼마만한 전류가 흐르는가? 이 도체에 500mA의 전류가 흐르게 하자면 얼마의 전압을 걸어야 하는가?

풀이. 주어진것: U_1 =3V, I_1 =200mA
U_2 =12V, I_3 =500mA

구하는것: R?, I_2?, U_3?

옴의 법칙에 의하여 $I = \frac{U}{R}$ → $R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3\text{V}}{0.2\text{A}} = 15\Omega$

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{12\text{V}}{15\Omega} = 0.8\text{A}$$

$$U_3 = I_3 R = 0.5\text{A} \cdot 15\,\Omega = 7.5\text{V}$$

답. 15Ω, 0.8A, 7.5V

문 제

1. 3V의 전압에서 전류의 세기가 20mA인 전류가 흐르는 도체의 저항은 얼마인가?
2. 저항이 40Ω인 도체에 5V의 전압이 걸렸을 때 흐르는 전류의 세기를 구하여라.
3. 저항이 44Ω인 도체에 5A의 전류가 흐를 때 도체에 걸린 전압은 얼마인가?
4. 220V의 전압에서 0.1A의 전류가 흐르는 금속도체가 있다. 이 도체에 180V의 전압이 걸렸을 때 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?
5. 전압이 15.75V일 때 도체에 흐르는 전류의 세기가 4.5A라면 전류가 3A일 때 전압은 얼마인가?

제10절. 직렬회로에서 전류의 세기, 전압, 저항

한 전등(도체)에 흐르는 전류가 다음 전등(도체)에 그대로 모두 흘러들어가게끔 이어진 전기회로를 **직렬회로**라고 부른다.(그림 2-43)

직렬회로에서 전류의 세기

직렬회로에서 도체들에 흐르는 전류의 세기는 어떻게 되는가.

실 험

○ 그림 2-43과 같이 직렬회로를 만든다.

○ 이 회로의 ㄱ점을 끊고 거기에 전류계를 이어 전류의 세기를 재여 본다.

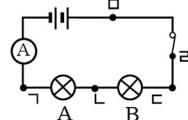
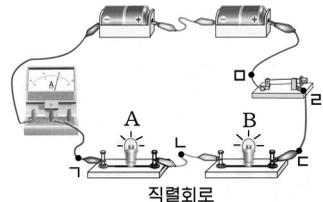



그림 2-43. 직렬회로에서 전류, 전압 알아보기

○ 같은 방법으로 ㄴ점과 ㄷ점을 끊고 전류계를 잇고 전류의 세기를 재여본다. ㄱ, ㄴ, ㄷ점에서 전류의 세기는 다 같다.

이 실험에서 다음과 같은것을 알수 있다.

직렬회로에서는 하나의 자름면을 지나는 전류가 그대로 다음 자름면에 흐른다. 즉 직렬회로에서 전류의 세기는 어디서나 같다.

$$I = I_{ㄱ} = I_{ㄴ} = I_{ㄷ}$$

직렬회로에서 전압

그러면 직렬회로에서 도체들에 걸리는 전압은 어떻게 되는가.

실 험

○ 그림 2-43에서 전등 A에 걸리는 전압 U_1(ㄱ점과 ㄴ점사이), 전등 B에 걸리는 전압 U_2(ㄴ점과 ㄷ점사이), 두 전등에 걸리는 전체 전압 U(ㄱ점과 ㄷ점사이)를 측정하고 비교한다. 이때 두 전등에 걸린 전압은 매개 전등에 걸린 전압의 합과 같다.

○ 도선에 걸리는 전압(ㄷ점과 ㄹ점사이)을 재면 0과 같다.

○ 전원의 두 단자사이전압(ㄱ점과 ㅁ점사이)은 두 전등에 걸리는 전압과 같다.

실험을 통하여 다음과 같이 결론지을수 있다.

직렬회로에 걸리는 전압은 매개 도체에 걸리는 전압들의 합과 같다.

$$U = U_1 + U_2$$

직렬회로에서 전기저항

그림 2-43에서 두 전등의 저항을 각각 R_1, R_2이라고 하자. 옴의 법칙에 따라 R_1와 R_2에 걸리는 전압을 구하면

$$U_1 = IR_1$$
$$U_2 = IR_2$$

두 전등에 걸리는 전압이 $U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$이고 두 전등의 전체 저항을 R라고 하면 $U = IR$이므로 두 식을 비교하

면 $R=R_1+R_2$로 된다.

직렬회로에서 전체 전기저항은 매개 도체의 전기저항들의 합과 같다.

$$\boxed{R=R_1+R_2}$$

도체의 직렬련결은 명절날 장식등이나 무리등에서 많이 리용되고있다.

[례제] 태양절을 맞으며 가로수들을 색전등으로 장식하려고 한다. 색전등은 12V의 전압에서 쓸수 있는것들이다. 220V의 전원을 리용하여 색전등을 켜려면 꼭같은 전등 몇개를 어떻게 련결하여야 하겠는가?

풀이. 주어진것: U_1=12V

U_2=220V

구하는것: n?

직렬회로에서 전체 전압은 매개 전등에 걸리는 전압들의 합과 같으므로 12V짜리 색전등을 다 직렬로 련결하면 된다.

$$U=nU_1 \ \rightarrow n=\frac{U}{U_1}=\frac{220\text{V}}{12\text{V}}\approx 18.3(\text{개})$$

답. 19개를 직렬로 련결해야 한다.

문 제

1. 어떤 회로에서 세개의 저항을 직렬로 련결하고 거기에 220V의 전압을 걸어주었더니 첫째 저항에는 55V, 둘째 저항에는 85V의 전압이 걸리였다. 셋째 저항에 걸린 전압은 얼마인가?

2. 저항이 각각 30Ω, 70Ω인 두 전등을 직렬로 이은 회로에 200V의 전압을 걸었다. 회로에 흐르는 전류의 세기와 매 전등에 걸리는 전압을 구하여라.

3. 두개의 꼭같은 110V용전등을 220V의 전원에 련결하여 쓸수 있겠는가? 어떻게 하면 되겠는가? 전등 1개의 저항이 275Ω이라면 이 회로에 흐르는 전류의 세기는 얼마이겠는가?

참고 전압계의 측정한계 늘구기

재려는 전압(R에 걸리는 전압)의 값이 전압계의 측정한계를 넘는 경우 전압계와 직렬로 **부가저항**을 련결하여 측정범위를 넓힐수 있다. 실례로 100V까지 측정할수 있는 전압계로 임의의 더 높은 전압을 측정할수 있게 개조할수 있다.

그림 2-44와 같이 전압계와 직렬로 $R_{부}$를 련결하면 재려는 높은 전압 U는 전압계와 저항 $R_{부}$에 나뉘여 걸린다.

그림 2-44. 전압계의 측정한계 늘구기

전압계의 내부저항을 R_V, 전압계에 최대로 흐를수 있는 전류의 세기를 I라고 하자.

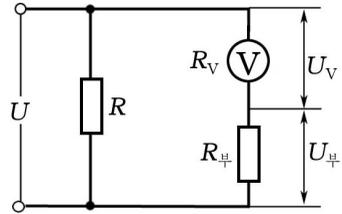
전압계에 걸리는 전압 $U_V = I R_V$

$R_{부}$에 걸리는 전압 $U_{부} = I R_{부}$

전압계로 흐르는 전류의 세기는 $R_{부}$로 흐르는 전류의 세기와 같다.

$$I = \frac{U_V}{R_V} = \frac{U_{부}}{R_{부}}$$

$$R_{부} = \frac{U_{부}}{U_V} R_V = \frac{U - U_V}{U_V} R_V$$

그러면 이만한 부가저항을 전압계와 직렬로 달아주면 된다.

제11절. 병렬회로에서 전류의 세기, 전압, 저항

회로에 흐르는 전류가 전등(도체)들에 갈라져 흐르도록 이어진 회로를 **병렬회로**라고 부른다.(그림 2-45)

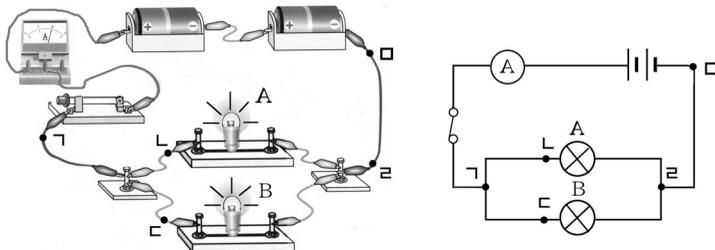



그림 2-45. 도체의 병렬련결

우리가 사는 집의 매 방들이나 학교의 교실마다 설치된 여러개의 전등들은 모두 병렬로 련결되여있다. 또한 집에서 사용하는 모든 전기제품들은 병렬로 련결된다.

병렬회로에서 전류의 세기

❓ 병렬련결된 도체에서 전류의 세기는 어떻게 되는가.

실 험

○ 그림 2-45와 같이 회로를 구성한다.
○ 회로의 ㄱ점을 끊고 전류계를 이어 두 전등에 흐르는 전류의 세기를 잰다.
○ 회로의 ㄴ, ㄷ점들을 끊고 전류계를 이어 첫 전등 A에 흐르는 전류의 세기와 둘째 전등 B에 흐르는 전류의 세기를 잰다. 이때 전체 전류의 세기는 매개 전등에 흐르는 전류의 세기들을 더한것과 같다.

회로에서 전류가 갈라지거나 합쳐지는 점 ㄱ(또는 ㄹ)을 **분기점**이라고 부른다.

실험으로부터 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

<u>병렬회로에서 분기점으로 들어가는 전류의 세기는 거기에서 갈라져나오는 전류의 세기들의 합과 같다.</u>

$$I = I_1 + I_2$$

병렬회로에서 전압

❓ 병렬회로에서 전압은 어떻게 되는가.

실 험

○ 그림 2-45에서 매 전등에 걸리는 전압을 재여본다. 즉 전등 A에 걸리는 전압 U_1(ㄴ점과 ㄹ점사이), 전등 B에 걸리는 전압 U_2(ㄷ점과 ㄹ점사이)은 같다.
○ 두 분기점사이에 걸리는 전압 U(ㄱ점과 ㄹ점사이)와 전원의 단자전압 $U_{단}$(ㄱ점과 ㅁ점사이)을 재고 비교한다. 이때도 두 전압은 다 같다.

실험으로부터 다음과 같이 말할수 있다.

병렬회로에서 매 도체(전등)들에 걸리는 전압은 다 같다.

$$U = U_1 = U_2$$

병렬회로에서 저항

그림 2-45에서 두 전등의 저항을 각각 R_1, R_2이라고 하자. 병렬회로이므로 두 저항에 걸리는 전압은 다 같다.

즉

$$U_1 = I_1 R_1, \qquad U_2 = I_2 R_2$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \qquad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

한편 병렬회로에서 전체 전류의 세기는 $I = I_1 + I_2$이므로

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

이다. 전체 저항을 R라고 하면 $\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$

여기서 전압은 $U = U_1 = U_2$이므로

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

로 된다. 병렬회로의 전체 저항의 거꿀수는 매개 전기저항의 거꿀수들의 합과 같다.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \rightarrow \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

[례제] 1kΩ의 전기저항을 가진 전등 5개를 병렬로 련결한 회로에서 200V의 전압을 걸었을 때 그 회로에 흐르는 전체 전류의 세기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: R_1=1kΩ=1 000Ω

n=5개

U=200V

구하는것: I ?

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = R_2 \text{이라면} \quad R = \frac{R_1^2}{2R_1} = \frac{R_1}{2}$$

마찬가지로 꼭같은 저항 n개를 병렬로 련결하면 전체 저항은 한개 저항의 크기를 그 저항의 개수로 나눈것과 같다. 즉

$$R = \frac{R_1}{n} = \frac{1\,000}{5} = 200(\Omega)$$

따라서

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200\text{V}}{200\,\Omega} = 1(\text{A})$$

답. 1A

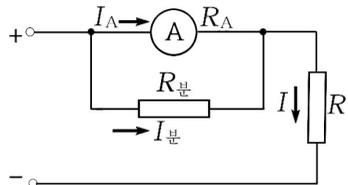
문 제

1. 두 도체를 병렬로 잇고 6V의 전압을 걸었다. 첫째 도체에 1.2A, 둘째 도체에 0.6A의 전류가 흘렀다면 매 도체의 저항과 회로전체의 저항은 얼마인가? 여기서 무엇을 알수 있는가?
2. 30Ω의 저항과 20Ω의 저항이 병렬로 련결되였다. 30Ω의 저항에 흐르는 전류의 세기가 0.8mA일 때 다른 저항에 흐르는 전류의 세기와 분기점에 흘러들어온 전체 전류의 세기를 구하여라.
3. 학교방송망에 매개 저항이 4 000Ω인 고성기 20개를 병렬로 이었다. 방송망의 전압이 30V라면 매개 고성기에 흐르는 전류의 세기와 분기점에 흘러드는 전체 전류의 세기를 구하여라.

참 고 전류계의 측정한계 늘구기

재려는 전류(R에 흐르는 전류)의 값이 전류계의 측정한계를 넘는 경우 **분기저항**(분류기)을 써서 측정범위를 넓힐수 있다.(그림 2-46)

그림 2-46. 전류계의 측정한계 늘구기

분기저항 $R_{분}$을 전류계와 병렬로 련결하면 R에 흐르는 전류는 전류계와 $R_{분}$에 흐르는

전류의 세기의 합과 같다. 즉

$$I = I_A + I_{분}$$

그리고 그림에서 보는것처럼 전류계와 분기저항 $R_{분}$은 병렬로 이어졌으므로 두끝에 걸리는 전압은 같다.

$$U_A = U_{분}$$

$$I_A R_A = I_{분} R_{분}$$

따라서 $R_{분} = \frac{I_A}{I_{분}} \cdot R_A = \frac{I_A}{I - I_A} \cdot R_A$ 만 한 분기저항을 전류계와 병렬로 달아주면 된다.

[복습문제]

1. 마찰한 두 물체가 서로 다른 종류의 전기를 띠고있다는것을 어떻게 알수 있는가?
2. 비날론솜에 마찰한 염화비닐막대기를 미는 전기와 끌어당기는 전기는 각각 어떤 부호의 전기인가?
3. 모직천에 마찰한 유리막대기와 명주천에 마찰한 염화비닐막대기가 있다. 이때 다음 문장에서 정확한것을 하나 선택하여라.
   ㄱ) 유리막대기와 염화비닐막대기는 서로 끌어당긴다.
   ㄴ) 유리막대기와 염화비닐막대기는 서로 밀어버린다.
   ㄷ) 유리막대기와 염화비닐막대기사이에는 아무런 힘도 작용하지 않는다.
4. 수지로 만든 빗으로 머리를 빗을 때 빗과 머리카락은 각각 어떤 전기를 띠는가?
5. 산소원자에는 전자가 8개 들어있다. 산소원자핵의 전기량은 얼마인가?

   (**답**. $+8e$)
6. 대전된 물체가 있다. 이 대전체가 띤 전기가 +인지 -인지 검전기로 알아보고 그 원리를 설명하여라.

7. 다음 문장에서 정확한것을 찾아보아라.
양전기를 띤 물체를 검전기의 머리에 가져다대면 검전기는 양전기를 띤다. 그 원인은
ㄱ) 원자핵의 양전기가 물체로부터 검전기로 옮겨가기때문이다.
ㄴ) 전자가 양전기를 띤 물체로부터 검전기로 옮겨가기때문이다.
ㄷ) 전자가 검전기로부터 양전기를 띤 물체에로 옮겨가기때문이다.
ㄹ) 원자핵이 검전기로부터 양전기를 띤 물체에로 옮겨가기때문이다.

8. 털에 마찰한 염화비닐막대기가 띤 전기량이 10^{-8}C이다. 몇개의 전자가 어디에서 어디에로 옮겨갔겠는가?
(**답**. 6.25×10^{10}개)

9. 다음 글에서 정확한것을 찾아내여라.
ㄱ) 금속은 언제나 도체이다. 따라서 도체는 언제나 금속이다.
ㄴ) 액체와 기체는 도체로 될수 있다.
ㄷ) 전자는 곧 전기나르개이다. 따라서 금속에서 전기나르개는 곧 전자이다.

10. 건전지 1개에 작은 전등 2개를 병렬로 련결하였다. 다음과 같은 회로도를 그려보아라.
ㄱ) 2개의 전등을 동시에 켜고 동시에 끄는 경우
ㄴ) 2개의 전등을 따로따로 끄는 경우

11. 한 전등에 0.2A의 전류가 흐르고있다. 이 전등에 10s동안에 흐른 전기량을 전기소량의 단위로 표시하면 얼마인가?
(**답**. $1.25\times10^{19}e$)

12. 다음의 식이 옳은가? 틀린것을 고쳐라.

ㄱ) 1A=1 000μA　ㄴ) 1mA=1 000A　ㄷ) 1μA =1 000mA

13. 탁상선풍기의 전동기에 0.18A의 전류가 흐른다. 이 전동기에 216C의 전기량이 지나갔다면 선풍기를 몇min동안 돌렸겠는가?
(**답**. 20min)

14. 전류계와 전압계를 사용하는데서 차이점은 무엇이며 전류계와 전압계사용에서 주의할 점은 무엇인가?

15. 그림 2-47과 같이 회로를 련결하였다. 여기서 잘못된 점을 밝히고 고쳐그려라.

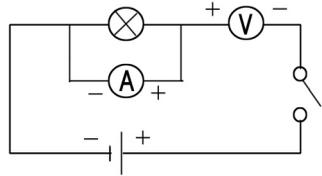



그림 2-47

16. 전기화된 철도에서 어떤 두 정거장사이의 거리가 10.5km이다. 두 정거장사이에 늘인 동선의 저항이 1.78Ω이라면 동선의 자름면적은 얼마인가? 동의 비저항은 1.7×10^{-8}Ω·m이다.

(**답.** 약 $1cm^2$)

17. 굵기가 고른 전기줄을 다섯토막으로 똑같이 갈라서 하나로 묶어놓았다. 이때 그의 저항이 1Ω이라면 전기줄의 처음저항은 얼마였겠는가?

(**답.** 25Ω)

18. 자름면적이 $1mm^2$인 콘스탄탄선 20m를 감아서 가변저항기를 만들었다. 이 가변저항기로 저항을 어떤 범위에서 변화시킬수 있는가? 콘스탄탄선의 비저항은 5×10^{-7}Ω·m이다.

(**답.** 0Ω - 10Ω)

19. 다음의 말이 정확한가를 판단하여라.

ㄱ) 도체의 전기저항은 전압에 비례하고 전류의 세기에 거꿀비례한다.

ㄴ) 전압이 높아지면 전류의 세기가 커지므로 저항은 작아진다.

ㄷ) 전압이 높아지면 전류의 세기가 커지므로 저항은 커진다.

ㄹ) 전압이 일정해도 전류가 많이 흐르면 저항은 커진다.

ㅁ) 전압이 일정해도 전류가 많이 흐르면 저항은 작아진다.

ㅂ) 도체의 전기저항은 전압이나 전류의 세기에 관계없이 일정하다.

20. 그림 2-48은 세개의 도체들에서 전류의 세기와 전압사이의 관계를 표시한 그라프이다. 매 도체의 저항을 구하여라.

(**답.** 4Ω, 20Ω, 40Ω)

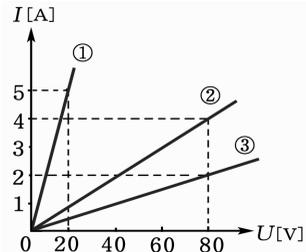



그림 2-48

21. 도체에 걸린 전압이 4V일 때 전류의 세기가 0.2A이다. 전압이 8V, 20V 걸릴 때 전류의 세기는 각각 얼마이겠는가?

(**답**. 0.4A, 1A)

22. 저항이 17.5Ω인 작은 전등에 12s동안에 1.92C의 전기량이 흘렀다. 이 전등의 두끝에 걸린 전압은 얼마인가?

(**답**. 2.8V)

23. 어떤 가변저항기의 총저항은 1kΩ이고 최대전류는 0.2A이다. 이 저항기로 조절할수 있는 전압의 범위는 얼마인가?

(**답**. 0V - 200V)

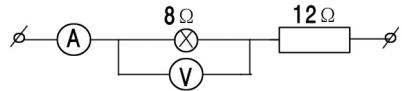
24. 그림 2-49에서 전압계가 4V를 가리킨다면 전류계는 얼마를 가리키며 회로전체에 걸리는 전압은 얼마이겠는가?

(**답**. 0.5A, 10V)

그림 2-49

25. 전기회로에서 저항값이 2Ω, 3Ω 및 5Ω인 저항체들이 직렬로 련결되여있다. 회로에 걸린 전체 전압이 20V라면 회로에 흐르는 전류의 세기와 매개 저항체에 걸리는 전압들을 구하여라.

풀이방향. 저항체 세개를 직렬련결하는 경우는 두개의 저항체를 직렬로 련결한 경우와 꼭같은 방법으로 구할수 있다는것을 생각하여라.

(**답**. 2A, 4V, 6V, 10V)

26. 두 도체를 직렬로 이은 회로에 0.4A의 전류가 흘렀다. 첫째 도체에 2V, 둘째 도체에 4V의 전압이 걸렸다면 매 도체의 저항과 회로전체의 저항은 얼마인가?

(**답**. 5Ω, 10Ω, 15Ω)

27. 그림 2-50에서 도체 R_1에 흐르는 전류의 세기는 2A이고 회로로 흐르는 전체 전류의 세기는 3A이다. 도체 R_2의 저항을 구하여라.

(**답**. 20Ω)

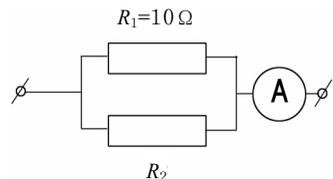



그림 2-50

28. 그림 2-51과 같이 저항 $R_1=1.3\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$ 들이 련결되였다. 전원전압은 15V이다.

ㄱ) 점 A, C사이의 저항을 구하여라.

ㄴ) 점 B, C사이에 걸리는 전압은 얼마인가?

ㄷ) 저항 R_2, R_3 에 흐르는 전류의 세기는 각각 얼마인가?

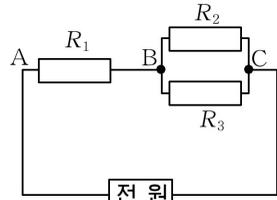



그림 2-51

(**답.** ㄱ) 2.5Ω ㄴ) 7.2V
ㄷ) 3.6A, 2.4A)

29. 직렬로 이은 두 저항에서 한 저항은 다른 저항보다 n배 크다. 이것을 병렬로 이은 다음에 직렬로 이었을 때와 같은 전압을 걸어주었다. 전류의 세기는 어떻게 변하겠는가?

(**답.** $\frac{(n+1)^2}{n}$ 배)

30. 3층으로 된 학교청사의 매 층마다 전기종이 설치되여있다. 경비실, 사무실, 교장실에서 종을 각각 울릴수 있도록 하자면 회로를 어떻게 구성해야 하는가?

31. 작은 나무통의 겉에 두개의 작은 전등과 스위치가 나와있다. 스위치를 닫으면 한등만 밝게 켜지고 스위치를 열면 두개의 등이 모두 어둡게 켜진다. 통속의 회로가 어떻게 구성되였는가를 회로도로 그려라.

제3장. 전류의 작용

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《날로 늘어나는 전력에 대한 수요를 원만히 보장하는 가장 빠른 길은 대규모발전소건설을 다그치는것과 함께 중소규모발전소건설을 전군중적운동으로 벌리는것입니다.》

전력은 공업과 농업을 비롯한 인민경제 모든 부문을 움직이는 기본동력으로 되고있다. 공장의 기계들과 농촌의 양수기나 탈곡기 그리고 전기기관차나 궤도전차도 다 전류가 흐를 때 돌아가는 전동기에 의하여 움직인다. 또한 전류는 열을 내여 강철도 녹이며 용접도 하고 전등을 켜며 전열기도 달구어준다.

이와 같이 도시와 농촌, 공장과 철도, 학교와 살림집에 이르기까지 전기를 쓰지 않는 곳이란 없다.

이 장에서는 전류가 흐를 때 나타나는 여러가지 작용과 그 리용, 간단한 가정전기회로, 전기의 안전한 사용방법에 대하여 학습한다.

제1절. 전류의 일과 전력

❓ 전류의 일이란 무엇인가.

도체에 전류가 흐르는것은 도체속의 전기띤 알갱이들이 전기힘을 받아 옮겨가는 현상이다. 물체에 힘이 작용하여 그 물체가 옮겨가면 그 힘은 일을 한다고 말한다. 마찬가지로 전류가 흐를 때 전기힘은 전기띤 알갱이를 나르는 일을 한다고 말할수 있다. 이처럼 전류가 흐를 때 전기힘이 하는 일을 **전류의 일**이라고 부른다.

전류의 일의 크기와 단위

력학적일은 힘과 힘의 방향으로 옮겨간 거리를 곱한 값으로 크기를 정했다. 그러나 전류가 흐를 때 전기힘이나 전기띤 알갱이들이 옮겨간 거리를 재는것은 어렵다.

그러면 전류가 하는 일은 어떻게 구하는가.

전류가 하는 일의 크기는 전기회로에서 쉽게 잴수 있는 전압이나 전류의 세기로써 나타낼수 있다.

전압 구하는 공식 $U=\frac{A}{q}$ 에서 $A=qU$ 이고 전류의 세기 구하는 공식 $I=\frac{q}{t}$ 에서 $q=It$ 이므로 전류의 일은 $A=UIt$ 로 된다.

즉 전류가 한 일의 크기는 전압, 전류의 세기, 전류가 흐른 시간을 곱한 값과 같다.

전류의 일 = 전압 × 전류의 세기 × 시간
$A=UIt$

전류의 일의 단위는 1J(줄)이다. 1J은 1V의 전압에서 1A의 전류가 1s동안 흐르면서 한 일의 크기와 같다.

$$1J=1V\times1A\times1s=1V\cdot A\cdot s$$

전력과 전력량

실험에 의하면 전기기구나 기계들이 전류가 흐를 때 밖에 할수 있는 일의 크기는 전기힘이 전기띤 알갱이를 나르는 일과 크기가 같다. 결국 전기기구나 전기기계가 하는 일은 전류의 일을 구하는 공식으로 나타낼수 있다.

$$A=UIt$$

그런데 전기기구나 전기기계들에는 전자손목시계나 전자수산기처럼 작은것도 있고 전기기관차처럼 큰것도 있으며 따라서 이것들이 같은 시간동안에 하는 일도 같지 않다. 그러므로 전기기구나 전기기계들이 같은 시간동안에 얼마나 많은 일을 할수 있는가를 전류의 일능률로 나타낸다.

전류가 단위시간동안에 하는 일 즉 전류의 일능률을 **전력**이라고 부른다.

그러면 전력은 어떻게 구하는가.

전력은 단위시간동안에 전류가 하는 일이므로 전류가 한 일을 시간으로 나누어 구할수 있다.

전력을 P라고 표시하면

$$P=\frac{A}{t}=\frac{UIt}{t}=UI$$

로 표시된다.

전력은 전압과 전류의 세기를 곱한 값과 같다.

전력 = 전압×전류의 세기 $P=UI$

전력의 단위는 1W(와트)이다. 즉 1W는 1V의 전압에서 1A의 전류가 흐를 때의 전력과 같다.

1W=1V·A

큰 전력을 표시할 때에는 1kW(키로와트), 1MW(메가와트)를 쓴다.

1kW=1 000W

1MW=1 000kW=1 000 000W

모든 전기기구나 전기기계들의 명판에는 그 기구가 정상적으로 동작할 때의 전력값이 표시되여있는데 이 값을 **정격전력**이라고 부른다.

몇가지 전기기구와 전기기계의 정격전력을 그림 3-1에 표시하였다.

그림 3-1. 몇가지 기구들의 정격전력값

전력과 시간을 곱한 값 즉 전류가 하는 일을 **전력량**이라고 부른다.

전력량 = 전력 × 시간 $A=Pt$

전력량은 전기의 생산량이나 소비량을 표시하는데 쓴다. 전력량의 단위에는 1W·s(와트-초), 1W·h(와트-시), 1kW·h(키로와트-시)가 있다.

$$1\text{W·s}=1\text{J}$$

$$1\text{W·h}=1\text{W}\times3\,600\text{s}=3\,600\text{J}$$

$$1\text{kW·h}=1\,000\text{W}\times3\,600\text{s}=3.6\times10^{6}\text{J}$$

1kW·h는 1kW의 전력으로 1h동안에 소비하는 전력량과 같다. 그림 3-2에 1kW·h의 전력량으로 할수 있는 일을 보여주었다.

그림 3-2. 1kW·h로 할수 있는 일

그림 3-3. 적산전력계

우리는 일상생활에서 전기를 얼마나 소비했는가를 **적산전력계**라고 부르는 전력량측정기구로써 측정한다.(그림 3-3)

문 제

1. 전동기가 220V의 전압에서 10min동안 일하였다. 전동기에 흐르는 전류의 세기가 3A라면 전류가 한 일은 얼마인가?
2. 어느 한 가정에서 하루에 18W짜리 콤팍트전등 4개를 4h동안 켜고 300W짜리 전기다리미를 30min, 80W짜리 TV를 3h, 120W짜리 랭동기를 8h동안 쓴다. 이 가정에서 하루에 소비하는 전력량은 얼마인가?
3. 어느 학교에서 100W짜리 백열전등 100개를 그와 같은 밝기를 내는 18W짜리 콤팍트전등으로 바꾸었다. 하루에 평균 2h씩 전등을 켰다면 1년(365일간)동안 절약한 전력량은 얼마인가?
4. 자기 집에서 쓰는 전기기구에 표시된 전력값과 하루동안에 그 전기기구를 사용하는 평균시간을 알아보고 한달동안에 소비되는 전력량을 구하여라.

제2절. 전류의 열작용

전열과 쥴의 법칙

우리가 흔히 쓰는 전기다리미, 전기밥가마 등에 전류가 흐르면 높은 온도로 가열된다. 이것은 도체에 전류가 흐르면 열이 발생하며 전류가 열을 내는 작용을 한다는것을 보여준다.

이처럼 전류에 의하여 생기는 열을 **전열**이라고 부른다.

? 그러면 도체에 전류가 흐를 때 나오는 열량은 무엇에 관계되는가.

실 험

그림 3-4. 저항선에서 나오는 열량측정

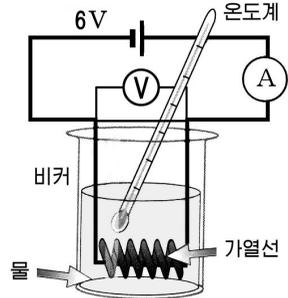
○ 열량계에 20℃의 물을 100g정도 넣어 물의 온도가 1℃만큼 올라갈 때 420J의 열량을 받는 열량계를 준비한다.

○ 열량계와 6Ω의 저항선, 6V의 전원, 전류계, 전압계로 그림 3-4와 같은 회로를 만들고 열량계의 물의 온도를 측정한다.

○ 스위치를 닫고 열량계의 물을 저으면서 3min, 6min동안에 올라간 온도를 측정한다.

○ 전압계와 전류계의 눈금을 읽는다.

○ 올라간 온도에 따라서 열량계가 받는 열량(저항선에서 나온 열량)을 계산하고 표에 적는다.

○ 전압×전류의 세기×시간의 값을 계산하여 표에 적는다.

전류가 흐른 시간[s]	0	180	360
열량계의 물의 온도[℃]	20	22.6	24.3
올라간 온도[℃]		2.6	4.3
열량[J]		1 100	1 800
UIt [V·A·s]		1 100	1 800

실험결과로부터 다음과 같이 말할수 있다.

저항선에 전류가 흐를 때 나오는 열량은 저항선에 걸리는 전압, 저항선에 흐르는 전류의 세기, 전류가 흐른 시간을 곱한 값과 같다.

열량 = 전압×전류의 세기×시간

$$Q = U I t$$

저항선에 전류가 흐를 때 나오는 열량과 도체의 저항사이에는 어떤 관계가 있는가.

옴의 법칙에 따라 저항선에 걸리는 전압은 $U = I R$이므로 이것을 웃식에 넣으면 저항선에 전류가 흐를 때 나오는 열량은 다음과 같다.

열량 = 전류의 세기의 두제곱×저항×시간

$$Q = I^2 R t$$

전류가 흐를 때 도체에서 나오는 열량은 전류의 세기의 두제곱과 도체의 저항, 전류가 흐른 시간을 곱한 값과 같다. 이것을 **쥴의 법칙**이라고 부른다.

쥴의 법칙은 전기회로에서 전류가 흐를 때 생기는 열량의 크기를 결정하는 법칙이다.

직렬회로에서 나오는 열량

직렬로 련결된 도체들에 흐르는 전류의 세기는 다 같다. 따라서 직렬회로에서 나오는 열량은

$$Q = I^2 R t$$

즉 직렬회로에서는 저항이 큰 도체에서 더 많은 열량이 나온다.

실례로 전기다리미에 전류가 흐를 때 련결도선과 다리미의 저항선은 직렬로 련결되였으므로 같은 전류가 흐르지만 련결도선은 가열되지 않고 저항선만 빨갛게 가열된다.(그림 3-5) 이것은 련결도선의 저항보다 가열선의 저항이 훨씬 크기때문이다.

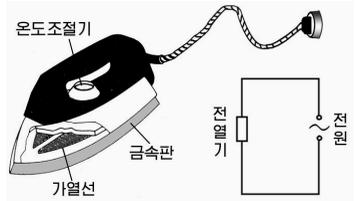



그림 3-5. 전기다리미에서 나오는 열량

그러므로 전열기의 저항선으로는 비저항이 크고 높은 온도에서 잘 녹지 않는 니크롬선을 쓴다.

병렬회로에서 나오는 열량

병렬로 련결된 도체에는 다 같은 전압이 걸린다.

식 $Q=UIt$에 옴의 법칙에 따라 저항선에 흐르는 전류의 세기 $I=U/R$를 넣으면 병렬회로에서 나오는 열량은

$$\text{열량} = \frac{\text{전압의 두제곱}}{\text{저항}} \times \text{시간}$$

$$Q = \frac{U^2}{R} \times t$$

즉 같은 전압이 걸릴 때에는 저항이 작은 도체에서 더 많은 열량이 나오게 된다. 그것은 전압이 같을 때에는 저항이 작은 도체에 더 큰 전류가 흐르기때문이다.

실례로 가정의 전기회로에서 병렬로 련결된 전기밥가마와 전기인두에 다 같은 전압이 걸리지만 전기밥가마의 저항선은 전기인두의 저항선보다 훨씬 굵어 저항이 작으므로 더 많은 열량이 나오게 된다.

전열의 리로운 점과 해로운 점

저항선에서 나오는 전열은 전기다리미, 전기인두, 전기밥가마, 한증탕가열기 등 각종 가열장치들 그리고 주택의 난방, 강철공장의 전기로 등 여러 분야에서 효과적으로 리용되고 있다.(그림 3-6의 ㄱ)

그러나 변압기, 전동기, TV와 같은 전기기구들이나 전기선의 접촉부에서 나오는 열량은 쓸모없이 전기를 랑비하거나 기구를 못쓰게 할수 있다. 그러므로 이런 해로운 전열을 적극 방지해야 한다.(그림 3-6의 ㄴ)

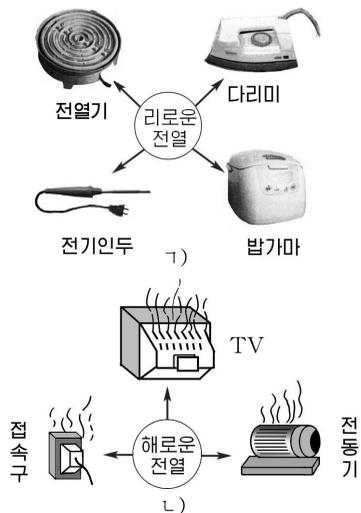



그림 3-6. 전열의 리로운 경우와 해로운 경우

[례제] 저항이 150Ω인 전기밥가마에 2A의 전류가 흐를 때 30min동안에 나오는 열량은 얼마인가? 그리고 이 밥가마의 전력은 얼마인가?

풀이. 주어진것; R=150Ω, I=2A
t=30min=1 800s

구하는것; Q?, P?

$$Q=I^2Rt=2^2\times150\times1\,800=1\,080\,000=1\,080(\text{kJ})$$

$$P=\frac{Q}{t}=\frac{1\,080\,000}{1\,800}=600(\text{W})$$

답. 1 080kJ, 600W

문 제

1. 보통 전기줄은 왜 동이나 알루미니움선으로 만들어 쓰는가?

2. 저항이 4.5Ω인 도체를 12V의 전원에 이었을 때 2min동안에 나오는 열량은 얼마인가?

3. 저항이 2Ω, 4Ω인 두 도체가 12V의 전원에 직렬로 이어져있다. 전류가 1min동안 흘렀다면 두 도체에서 나오는 열량은 각각 얼마인가?

4. 자름면적과 길이가 같은 철선과 니크롬선을 전원에 병렬로 이었을 때 어느 선에서 더 많은 열량이 나오는가? 직렬로 련결하는 경우에는 어떻게 되겠는가?

제3절. 자석의 자기마당

자 석

자석을 철가루에 가져가면 자석의 량끝에 철가루가 많이 달라붙는다.(그림 3-7)

철을 끌어당기는 힘이 센 자석의 량끝을 **자극**이라고 부른다.

그림 3-7. 자석은 철가루를 끌어당긴다

막대기자석을 실에 매달아 수평으로 드리우면 자석의 극들은 언제나 지구의 북남방향을 가리킨다.(그림 3-8)

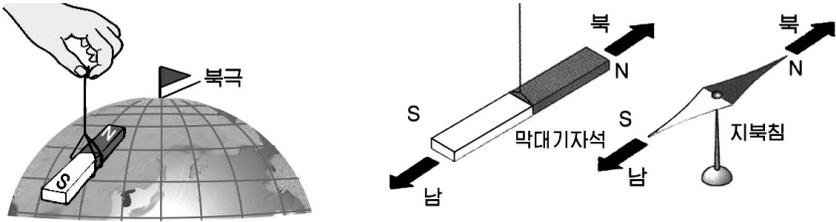



그림 3-8. 자석의 북극과 남극

지구의 북쪽을 가리키는 자극을 **북극**(N극), 남쪽을 가리키는 자극을 **남극**(S극)이라고 부른다.

자석은 어떤 성질을 가지고있는가.

실 험

○ 그림 3-9에서처럼 한 자석의 N극에 다른 자석의 S극을 가져가본다. 서로 끌린다.

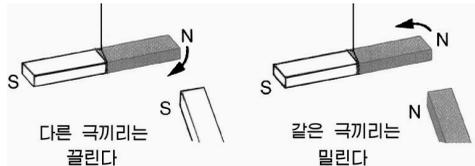



그림 3-9. 자극들의 호상작용

○ 한 자석의 N극에 다른 자석의 N극을 가져가본다. 서로 민다.

○ 한 자석의 S극에 다른 자석의 S극을 가져가본다. 역시 서로 민다.

실험을 통하여 본것처럼 자석은 같은 극끼리는 서로 밀고 다른 극끼리는 서로 끌어당긴다.

자석을 바늘처럼 길고 가늘게 만든 자침을 **지북침**이라고 부른다.

지북침이 언제나 북남방향을 가리키는것은 지구가 하나의 큰 자석이기때문이다.(그림 3-8)

자기마당

자석의 극들이 서로 밀거나 당기는것은 자석의 극들이 서로 힘을 주기도 하고 받기도 한다는것을 보여준다.

자석들이 호상작용하는 힘을 **자기힘**이라고 부른다.

자기힘은 자석가까이에서는 세고 멀어짐에 따라 점점 약해지다가 령으로 된다. 이처럼 자기힘은 자석주위의 얼마만한 공간에서만

작용한다. 자기힘이 작용하는 공간을 **자기마당**이라고 부른다.

자석은 언제나 주위에 자기마당을 만들며 그 자기마당속에 다른 자석을 가져오면 밀거나 끌어당기는 힘을 미치게 된다.

큰 자석주위에 작은 지북침들을 가져다놓으면 자리에 따라 서로 다른 방향을 가진다. 그러나 주어진 자리에서 지북침의 방향은 변하지 않고 일정하다.

이것은 자기마당이 방향을 가진다는것을 의미한다.(그림 3-10)

자기마당안에 가져다놓은 지북침의 N극이 가리키는 방향을 그 자리에서의 자기마당의 방향으로 약속한다.

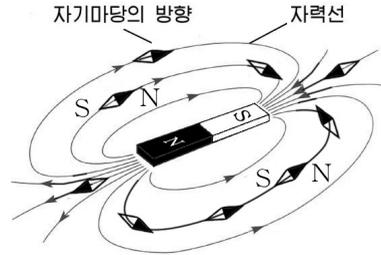



그림 3-10. 자기마당의 방향

자 력 선

자석우에 종이를 올려놓고 그우에 철가루를 뿌려놓으면 철가루가 선을 따라 배렬된다.(그림 3-11)

❓ 왜 철가루들이 어떤 선을 따라 배렬되는가.

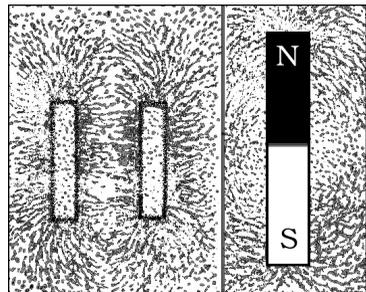
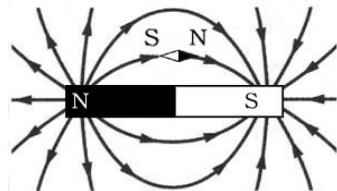
자기마당속에 놓인 철가루들은 작은 자석으로 된다. 자기마당속에서 물질이 자석으로 되는 현상을 **자화**라고 부른다.

그림 3-11. 자석이 만드는 자기마당의 자력선

자화된 철가루들은 지북침처럼 자기마당의 방향으로 늘어서게 된다.

이처럼 자기마당속에서 철가루가 그리는 선과 같이 자기마당의 방향을 가리키는 선을 **자력선**이라고 부른다.

그림 3-12. 자력선

지북침을 리용하여 자력선을 그려보면 자력선은 자석의 N극에서 나와 S극으로 들어간다는것을 알수 있다.(그림 3-12)

그러므로 자석에서 자력선이 나오는 극이 N극이고 자력선이 들어가는 극이 S극이 된다.

문 제

1. 가는 금속막대기가 있다. 다른 자석이나 철쪼각을 쓰지 않고 그것이 자석인가, 아닌가를 어떻게 알아내겠는가?
2. 크기와 겉모양이 꼭같은 두개의 철막대기가 있다. 그중 하나는 자석이다. 이 두개의 막대기외에는 아무것도 쓰지 말고 자석과 철막대기를 골라내여라.
3. 극이 표시되여있지 않는 자석의 극들을 어떻게 알아낼수 있는가?
4. 나무판우에 철가루와 동가루가 서로 혼합되여있다. 이것들을 서로 갈라놓으려면 어떻게 하면 되겠는가?

제4절. 전류의 자기마당

전류에 의한 자기마당

사람들은 먼 옛날부터 털에 마찰한 호박이 물체를 끌어당기는 전기힘과 자석이 철을 끌어당기는 자기힘을 알고있었다.

그런데 전기현상과 자기현상과의 관계는 오래동안 밝혀내지 못하고있었다. 그러다가 1820년 단마르크의 물리학자 에르스테드에 의하여 전류가 자기마당을 만든다는것을 밝혀냄으로써 해명되였다.

이것을 실험으로 알아보자.

실 험

○ 북남방향을 가리키는 지북침우에 그와 평행으로 전기줄을 곧추 늘이고 전류를 흘려보낼 때 지북침이 어떻게 움직이는가를 알아본다. 이때 지북침은 전기줄에 수직인 방향(동서방향)으로 돌아가고 전류를 끊으면 다시 전기줄에 평행으로 놓인다.

○ 전류의 방향을 바꾸고(전지의 극을 바꾸어 련결) 같은 실험을

한다. 이때 지북침은 전기줄에 수직인 방향으로 돌아가는데 먼저와는 반대로 돌아간다.(그림 3-13)

그림 3-13. 에르스테드의 실험

이 실험에서 전기줄가까이에 지북침을 가져왔을 때 지북침이 움직이는것은 전류가 주위에 자기마당을 만들고 지북침에 자기힘이 작용하기때문이다.

즉 전류도 자석과 같이 주위에 자기마당을 만든다.

전류의 방향을 바꿀 때 지북침이 반대로 돌아가는것은 자기마당의 방향이 반대로 되기때문이다.

❓ 전류가 흐르는 도체가 만드는 자기마당의 방향은 어떻게 정하는가.

전류가 만드는 자기마당의 방향은 오른나사의 규칙으로 결정한다.

즉 오른나사를 전류의 방향으로 전진시킬 때 나사머리가 돌아가는 방향이 자력선의 방향이다. 이것을 **오른나사의 규칙**이라고 부른다.

직선전류의 경우 오른나사의 규칙을 적용하면 자력선은 전기줄에 수직인 동심원모양으로 배치된다.(그림 3-14)

원전류의 경우 오른나사의 머리를 원전류의 방향으로 돌릴 때 나사가 전진하는 방향이 원전류의 중심축에서 자력선의 방향이다.(그림 3-15)

전류에 의한 자기마당방향은 그림 3-14, 3-15와 같이 오른손으로도 알아볼수 있다.

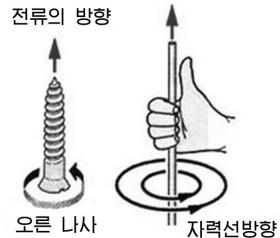



그림 3-14. 직선전류에서 자기마당방향

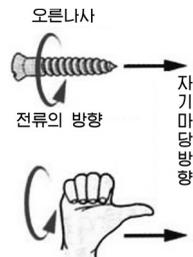



그림 3-15. 원전류에서의 자기마당방향

선륜의 자기마당

걸면을 절연한 동선을 여러번 감은 줄토리를 **선륜**이라고 부른다. 선륜에 전류를 흘려보내고 지북침을 가져가면 지북침이 자기마당방향으로 움직인다.(그림 3-16)

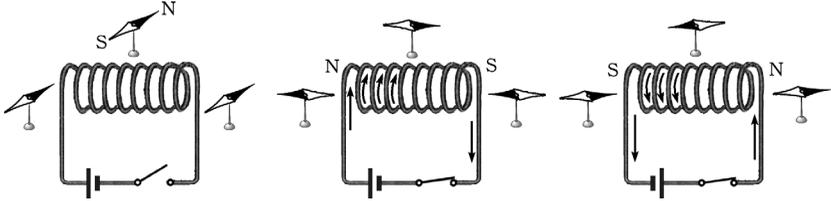



그림 3-16. 선륜에 의한 자기마당

전류의 방향을 바꾸어주면 지북침의 방향도 반대로 돌아선다.

전류가 흐르는 선륜은 막대기자석과 비슷한 자기마당을 만든다. 이 자기마당의 자력선을 그었을 때 자력선이 나오는 끝이 선륜의 N극이고 자력선이 들어가는 끝이 선륜의 S극이다.(그림 3-17)

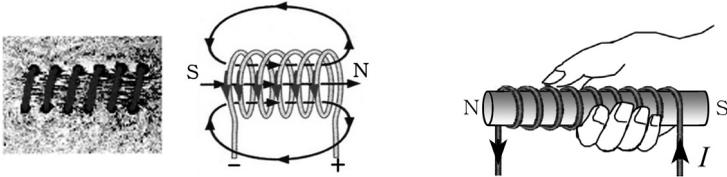



그림 3-17. 선륜의 자기마당 방향

선륜에 의한 자기마당의 방향은 오른나사로 결정하는데 원전류에 의한 방향결정의 방법과 같다. 또는 오른손으로도 알아낼수 있다.

전자석과 그의 리용

선륜속에 철심을 넣으면 선륜의 자기힘이 훨씬 세진다.(그림 3-18)

그것은 철심이 선륜이 만드는 자기마당에 의하여 같은 방향으로 자화되기때문이다. 철심을 넣은 선륜을 **전자석**이라고 부른다.

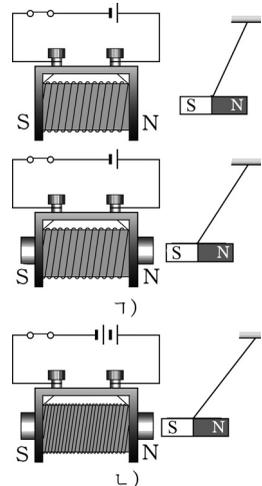



그림 3-18. 전자석

❓ 전자석은 어떤 성질을 가지고있는가.

첫째로, 전류가 흐를 때에만 자기힘을 나타내고 전류를 끊으면 자기힘을 나타내지 않는다.

둘째로, 전자석의 자기힘은 선륜의 감은 회수가 많을수록, 선륜에 흐르는 전류의 세기가 클수록 커진다.

셋째로, 전류의 방향이 바뀌면 전자석의 극도 바뀐다.

전자석은 전기종(그림 3-19), 전자석계전기(그림 3-20), 전자석기중기(그림 3-21) 등에 리용된다.

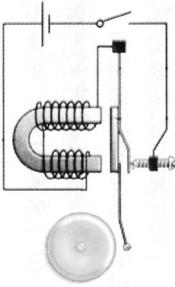
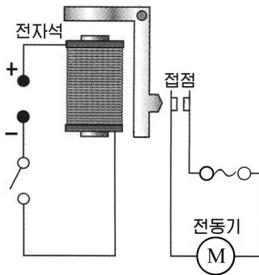



그림 3-19. 전기종 그림 3-20. 전자석계전기 그림 3-21. 전자석기중기

문 제

1. 비닐로 피복한 전기줄을 굽혀서 겹치게 하고 전류를 흘려보낸다. 지북침을 가까이 가져가면 지북침이 돌아가겠는가? 왜 그런가?(그림 3-22)

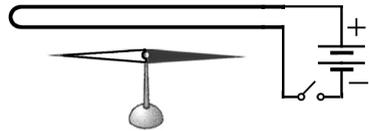



그림 3-22

2. 고압선근방에서는 지북침을 가지고 방향을 판정하기 어렵다. 왜 그런가?
3. 제강소들에서는 전자석기중기로 파철무지를 들어올린다. 전자석기중기의 원리를 설명하여라.

제5절. 전동기의 원리

전류가 받는 자기힘

자석은 주위에 자기마당을 만들뿐아니라 다른 자석이 만드는 자기마당속에서 자기힘을 받는다. 마찬가지로 자기마당을 만드는 전류는 자석이 만드는 자기마당으로부터 자기힘을 받을것이다.

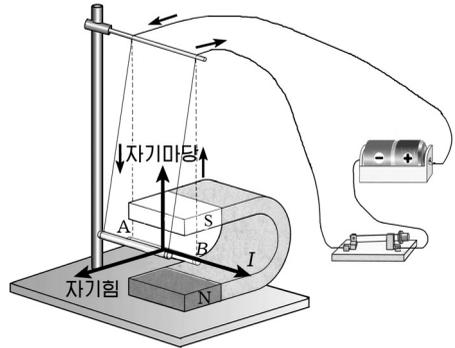
이것을 실험으로 알아보자.

실 험

그림 3-23. 전류가 받는 자기힘

○ 그림 3-23과 같이 말굽자석의 자극사이에 전기줄 AB가 놓이게 하고 전류를 흘려보낼 때 전기줄 AB가 어떻게 움직이는가를 본다. 전기줄이 밀려난다.

○ 전류의 방향을 바꾸어 같은 실험을 반복한다. 전기줄이 끌려들어간다.

○ 말굽자석을 뒤집어 전류에 작용하는 자기마당의 방향을 바꾸어 놓고 같은 실험을 해본다. 우와 반대로 된다.

실험을 통하여 자기마당속에서 전류는 힘을 받으며 전류가 받는 자기힘의 방향은 자기마당과 전류의 방향에 관계된다는것을 알수 있다.

이때 전류가 받는 자기힘의 방향은 왼손의 규칙으로 결정한다.

왼손의 규칙은 다음과 같다.

<u>왼손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 네손가락으로 전류의 방향을 가리킬 때 네손가락에 수직되게 편 엄지손가락이 자기힘의 방향을 가리킨다.</u>(그림 3-24)

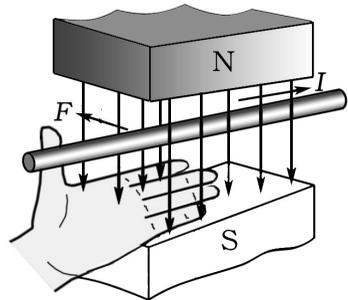



그림 3-24. 왼손의 규칙

직류전동기

자기마당속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 자기힘을 리용하여 만든 대표적인 기계가 전동기이다. 전동기는 그안의 선륜으로 전류가 흐를 때 어느 한 방향으로 돌아가는 기계이다.

❓ 그러면 전동기는 어떻게 되여 전류가 흐를 때 회전하는가.

그림 3-25에서 보는것처럼 전동기에는 자기마당을 만드는 자석이 있고 그것이 만드는 자기마당속에서 돌아갈수 있게 된 선륜 ABCD가 있다.

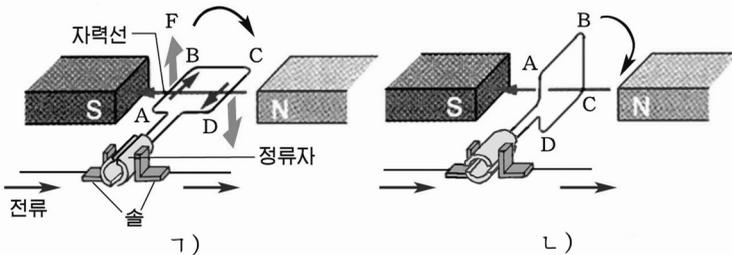



그림 3-25. 직류전동기의 작용원리

선륜에 전류가 흐르면 선륜을 이루는 도선의 각 부분들에는 왼손의 규칙에 따르는 자기힘이 작용한다. 즉 선륜면이 자력선에 평행되게 놓일 때 AB부분은 우로, CD부분은 아래로 자기힘을 받게 되며 선륜은 돌아가게 된다.(그림 3-25 ㄱ)

선륜면이 자력선에 수직되는 자리에 왔을 때에는 선륜에 전류가 흐르지 않으므로 더 돌아가지 못한다.(그림 3-25 ㄴ)

그러나 선륜은 관성에 의하여 약간 더 돌아가게 되는데 전류의 방향이 변하지 않으므로 자기힘은 선륜을 반대쪽으로 돌리게 한다.

선륜면을 계속 한쪽 방향으로 돌아가게 하자면 선륜면이 관성에 의하여 자력선에 수직인 자리를 지난 다음순간부터 전류의 흐름방향을 바꾸어주면 된다. 전동기의 회전축에 련결된 두개의 금속반고리로 된 정류자와 전원에 련결된 솔을 써서 전류의 방향을 바꾸어준다. 이런 방법으로 선륜은 계속 한쪽 방향으로 돌아가게 된다.

전동기가 돌아가는 원리를 종합하면 다음과 같다.

자석의 두 극사이에서 회전할수 있게 선륜을 설치하고 전류를

흘려보내면 선륜은 자기힘을 받아 회전한다. 선륜면이 자력선에 수직되는 자리를 지날 때마다 정류자와 솔을 통하여 전류의 방향을 바꾸어주면 한 방향으로 계속 돌아간다.

직류전동기의 리용

직류전원을 쓰는 전동기를 **직류전동기**라고 부른다. 실제적인 직류전동기에서는 센 전자석으로 자기마당을 만드는데 이 전자석은 전동기틀에 고정되여 있다. 그러므로 이것을 **고정자**라고 부른다.(그림 3-26)

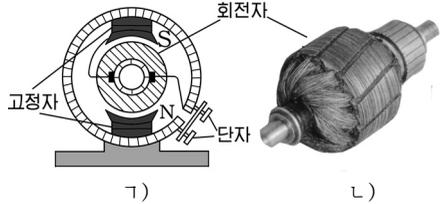



그림 3-26. 직류전동기의 구조

직류전동기에서 돌아가는 부분은 회전축에 고정한 철심에 도선을 여러번 감은 선륜인데 이것을 **회전자**라고 부른다.

❓ 왜 회전자는 그림 3-26에서 보는바와 같이 회전축에 고정한 철심에 일정한 간격으로 도선들을 여러개 설치했는가.

전동기의 축을 돌리는 자기힘은 선륜면이 자력선에 평행일 때 가장 크다. 그러므로 전동기의 축에 일정한 작은 여러개의 선륜을 설치하면 전동기의 축은 더 자주 큰 힘을 받으며 고르롭게 돌아가게 된다.

직류전동기는 처음 돌아갈 때 큰 힘을 낼수 있고 전자석과 회전자권선에 흐르는 전류의 세기에 의하여 돌리는 힘과 회전속도를 쉽게 변화시킬수 있다.

이런 특성으로 하여 직류전동기는 궤도전차, 무궤도전차, 지하전동차, 잠수함 등에 리용된다.

그리고 록화기나 록음기, 여러가지 놀이감에도 소형직류전동기가 리용된다.

문 제

1. 그림 3-27에서 자력선의 방향, 도선 AB에 흐르는 전류의 방향, 도선 AB에 작용하는 자기힘의 방향을 표시하여라.

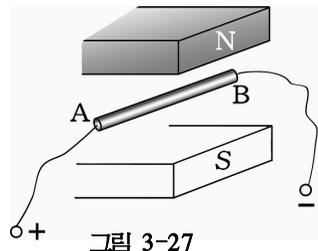



그림 3-27

2. 그림 3-28에서 전류가 흐르는 도선에 작용하는 자기힘의 방향을 알아내여라.

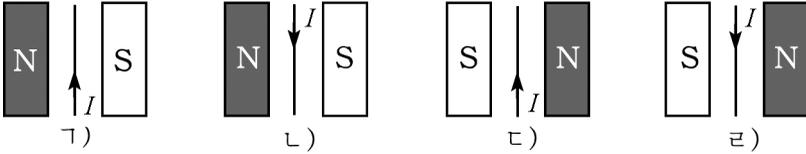



그림 3-28

3. 직류전동기에서 회전자를 돌리는 힘(또는 회전속도)과 회전방향을 변화시키려면 어떻게 해야 하는가?
4. 직류전동기에서 정류자와 솔은 어떤 순간에 떨어져야 하는가를 설명하여라.

제6절. 발전기의 원리

경애하는 장군님의 현명한 령도에 의하여 강하천이 많은 우리나라에서는 대규모수력발전소는 물론 중소규모수력발전소를 건설하여 어디서나 전기를 생산하고있다.

발전소에서는 발전기를 돌려 전기를 생산한다. 발전기에서는 어떤 원리로 전류를 얻어내는가.

전자기유도

전류가 자기마당을 만든다는것이 발견되자 많은 학자들은 반대로 자기마당으로부터 전류를 얻을수 있지 않겠는가고 생각하게 되였다. 영국의 물리학자 파라데이는 거듭되는 실험끝에 1831년 자석으로 전류를 얻는데 성공하였다.

? 어떻게 자석으로 전류를 얻어냈는가.

실 험

○ 그림 3-29의 ㄱ와 같이 검류계와 선륜으로 닫긴회로를 만든다.
○ 막대기자석의 N극을 선륜속으로 천천히 또는 빨리 넣을 때 검

류계의 바늘이 어떻게 기울어지는가를 살펴본다.(그림 3-29의 ㄴ)
자석을 선륜속에 넣을 때 바늘은 한쪽으로 기울어진다. 자석을 뽑을 때에는 검류계의 바늘이 반대쪽으로 기울어진다.

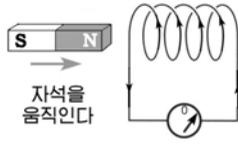
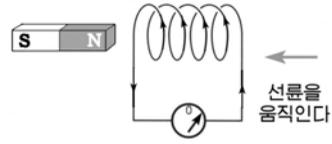
○ 막대기자석을 고정시키고 선륜을 움직여본다. 이때에도 바늘은 기울어진다.(그림 3-29의 ㄷ)

ㄱ) ㄴ) ㄷ)

그림 3-29. 전자기유도실험장치

※ 검류계는 매우 약한 전류를 재는 전류계인데 눈금판의 중심에 령눈금이 새겨져있는 기구이다.

실험을 통하여 다음과 같은것을 알수 있다.

자석을 빨리 움직일수록 검류계의 바늘은 더 많이 기울어진다. 자석의 극을 바꾸어 S극으로 같은 실험을 해보면 검류계의 바늘이 N극일 때와 반대로 기울어진다. 자석을 선륜속에 넣고 움직이지 않으면 검류계의 바늘이 움직이지 않는다.

이것은 선륜속에 자기마당이 있어도 자기마당이 변하지 않으면 전류가 생기지 않는다는것을 의미한다.

이와 같이 닫긴 선륜이 변하는 자기마당속에 있을 때 선륜에 전류가 흐르는 현상을 **전자기유도**라고 부르며 이때 선륜으로 흐르는 전류를 **유도전류**라고 부른다.

⚠ 전자기유도에 의해 선륜에 흐르는 유도전류는 자기마당이 빨리 변할수록, 선륜의 권회수가 많을수록 커진다.

교류발전기

전자기유도를 리용하여 전기를 생산하는 기계가 바로 **발전기**이다. 실례로 자전거의 발전기는 선륜속에서 자석을 회전시켜 유도전

류를 얻어 전등에 불이 오게 한다.(그림 3-30)

발전기도 전동기처럼 고정자와 회전자로 되여있는데 자석 또는 선륜중에 어느 하나를 회전시켜 선륜을 지나는 자기마당을 변화시키며 이때 선륜에 생기는 유도전류를 얻어낸다.

그림 3-30. 자전거발전기

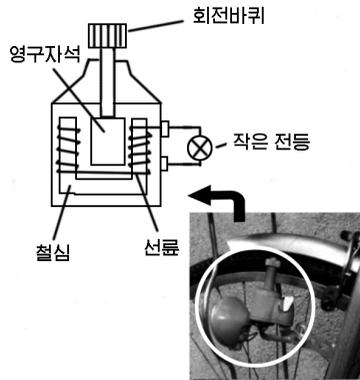
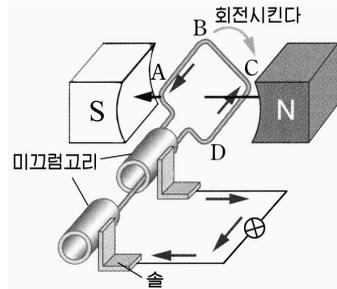
회전자자석이 돌아갈 때 선륜속의 자기마당은 자극이 선륜에 가까와질 때는 세지고 멀어질 때에는 약해진다.

자전거발전기의 두 단자에 검류계를 련결하고 발전기를 천천히 돌리면 검류계의 바늘이 량쪽으로 엇바뀌여 기울어진다. 이것은 발전기가 돌아갈 때 회로에는 방향이 변하는 유도전류가 흐른다는것을 말해준다. 즉 발전기선륜에 생기는 유도전류의 방향은 자극이 선륜에 가까와질 때와 멀어질 때 서로 반대로 된다.

자전거발전기에 검류계대신 작은 전등을 련결하고 발전기를 천천히 돌리면 전등의 밝기가 변하면서 껌빡이는것을 알수 있다. 이것은 발전기가 일으키는 유도전류는 방향뿐아니라 전류의 세기도 변한다는것을 말해준다.

그림 3－31. 교류발전기모형

이와 같이 전류의 방향과 전류의 세기가 다 변하는 교류를 얻는 발전기를 **교류발전기**라고 부른다.

흔히 발전기에서는 고정자로 전자석(또는 영구자석)을, 회전자로 선륜을 쓴다.(그림 3-31)

문 제

1. 검류계를 이은 선륜안에 직류가 흐르는 전자석을 넣었다. 전자석의 철심을 넣거나 뽑을 때 검류계의 바늘이 움직이겠는가?
2. 검류계를 이은 선륜안에 작은 전자석선륜을 넣고 다음과 같이 했을 때 유도전류가 흐르겠는가?

ㄱ) 전자석선륜에 전원을 잇고 스위치를 닫을 때

ㄴ) 전류가 흐르는 전자석선륜의 스위치를 열 때

ㄷ) 전자석선륜에 일정한 전류가 계속 흐를 때

3. 자전거의 조명용전등에 불이 켜지는 원리를 설명하여라. 불이 어떤 경우에 꺼지고 어떤 경우에 더 밝게 켜지는가?

제7절. 가정의 전기회로

학교와 가정들에서는 전기불도 켜고 TV도 보고있으며 콤퓨터를 다루고 전기다리미, 랭동기, 선풍기, 록음기, 세탁기 등 전기일용품들도 쓰고있다. 이러한 전기제품들은 어떻게 련결하여 쓰는가를 알아보자.

상선과 령선

발전소의 발전기에서 얻어진 교류전기는 변압기를 거쳐 수십만V의 높은 전압으로 바뀌여 송전선을 따라 소비지까지 공급된다. 발전소에서 얻어진 100~200kV의 높은 고압전기는 1차변전소에서 60kV, 2차변전소에서 10~20kV, 3차변전소에서 3kV의 전압으로 낮아져 공장과 농촌, 살림집들과 학교들에 380V와 220V의 교류전압으로 공급되여 들어간다.

가정의 전기회로의 두 줄사이에는 220V의 전압이 걸리는데 그중 땅과 련결(이것을 접지되였다고 말한다.)되여 전압이 걸리지 않은 줄을 **령선**이라고 부르고 전압이 걸린 다른 줄은 **상선**이라고 부른다.

❓ 그러면 상선과 령선은 어떻게 알아보는가.

상선과 령선은 검전기를 리용하여 알아본다.(그림 3-32)

검전기의 손잡이끝의 금속마개를 손으로 대고 검전기의 뾰족한

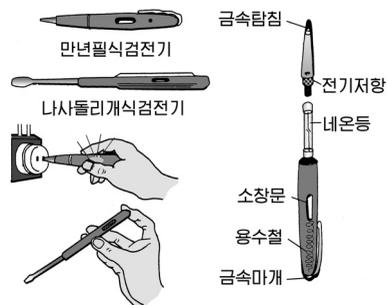



그림 3-32. 검전기

부분을 전기줄에 대본다. 만일 검전기의 네온등에 불이 켜지면 접촉시킨 전기줄은 상선이고 검전기의 네온등에 불이 오지 않으면 그 줄은 령선이다.

가정의 전기회로의 구성

가정에서 쓰는 모든 전기기구들은 어떻게 련결하여 쓰는가.

가정에서 쓰는 조명용전등, TV, 콤퓨터, 랭동기, 록화기, 다리미, 선풍기 등 전기제품들은 모두 전원에 병렬로 련결하여 쓴다.(그림 3-33)

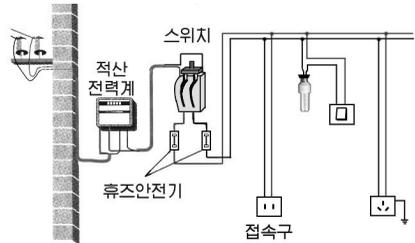



그림 3-33. 가정의 전기회로

가정에서 매 방마다 설치하는 전등들도 병렬로 련결하며 매 전등은 개별스위치와 직렬로 련결하여 제때에 전등불을 끄고 켤수 있게 한다.(그림 3-34)

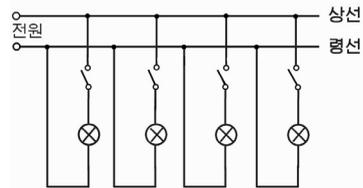



그림 3-34. 매 전등은 개별 스위치를 달아야 한다.

가정들에서 조명용전등으로는 콤팍트전등을 쓰는것이 좋다.

콤팍트전등은 관의 안쪽 면에 빛을 내는 물질을 발라서 해빛과 비슷한 흰색빛을 내는 크기가 백열전등과 비슷한 작은 형광등이다.(그림 3-35)

그림 3-35. 콤팍트전등

콤팍트전등은 빛을 내는 효과가 형광등보다 40%정도 더 높을뿐아니라 많은 전기를 절약한다.

실례로 11W짜리 콤팍트전등의 전력소비량은 같은 밝기의 60W짜리 백열전등의 17%밖에 되지 않는다.

콤팍트전등은 빛의 색갈이 좋고 형광등에 비하여 작고 가벼워서 쓰기 편리하며 수명도 5 000h으로서 백열전등이나 형광등에 비하여 훨씬 길다.

왜 가정의 전기회로입구에 적산전력계와 휴즈안전기를 련결해야 하는가.

적산전력계를 련결하여야 가정에서 쓰는 전체 전기기구가 일정한 시간동안에 몇kW·h의 전력량을 소비했는가를 알수 있으며 스위치와 휴즈안전기가 있어야 회로를 검사하거나 수리, 교체할 때 감전되지 않고 안전하게 할수 있다.

문 제

1. 접속두가 접속구에 꼭 맞지 않고 틈이 있으면 전기가 랑비되고 사고까지 낼수 있다. 왜 그런가를 설명하여라.
2. 자기 집의 전기회로에서 접속구, 전등, 스위치가 각각 몇개씩 있는가를 알아보아라. 매개 스위치가 전등 몇개를 조종하는가를 알아보고 회로도를 그려라.
3. 그림 3-36과 같이 스위치를 열어놓은 상태에서 땅우에 서있는 사람이 A점을 다치면 감전된다. 왜 그런가?

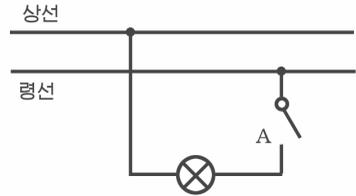



그림 3-36

제8절. 전기의 안전한 사용

전기를 안전하게 사용하려면 여러가지 전기기구들에 쓰이는 전압, 전류의 세기, 전력값들을 잘 알아야 한다.

모든 전기기구들의 명판에는 정격전력과 함께 정격전압과 정격전류들이 표시되여있다. 이 값들은 그 기구가 정상적으로 동작할 때 기구의 소비전력, 필요한 사용전압과 전류의 세기값들을 표시한 것이다.

전기기구들에 정격값보다 더 큰 전압이 걸리거나 전류가 흐르면 기구가 파괴된다.

가정용전기회로의 전기선들은 모두 최대허용전류값을 가진다.

배선용동선규격

동선직경 [mm]	자름면적 [mm^2]	허용전류 [A]	동선직경 [mm]	자름면적 [mm^2]	허용전류 [A]
0.5	0.196	0.39	1.3	1.33	2.65
0.6	0.283	0.57	1.4	1.54	3.08
0.7	0.385	0.77	1.5	1.77	3.53
0.8	0.502	1.00	1.6	2.01	4.02
0.9	0.636	1.27	1.7	2.27	4.54
1.0	0.785	1.57	1.8	2.54	5.00
1.1	0.95	1.90	1.9	2.83	5.67
1.2	1.13	2.26	2.0	3.14	6.28

만일 전류의 세기가 이 값을 초과하면 전기선이 가열되여 절연이 파괴되고 지어는 화재까지 일으킬수 있다. 이런 사고를 막기 위하여 휴즈안전기를 설치한다.

휴즈안전기

휴즈안전기를 쓰면 어떻게 전기사고를 막을수 있는가.

휴즈안전기에는 휴즈선이 뚜껑에 설치된 사기로 만든 꽂개식휴즈함과 아래부분에 휴즈선이 련결된 칼날식스위치가 있다.(그림 3-37의 ㄱ)

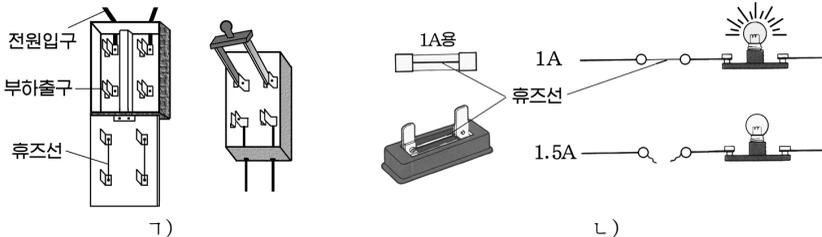



그림 3-37. 휴즈안전기

휴즈선으로는 비저항이 비교적 크고 낮은 온도에서도 쉽게 녹는 연의 합금을 쓴다. 그러므로 만일 전기선에 최대허용전류보다 큰 전류가 흐르면 휴즈선에서는 다른 전기선에서보다 많은 열량이 발생하여 먼저 녹아 끊어진다.(그림 3-37의 ㄴ)

그리하여 전기회로는 자동적으로 차단되여 회로에 과전류가 흐르지 못하며 사고를 방지하게 된다.

전기기구사용에서 주의할 점

가정용전기기구사용에서 가장 주의할 점은 휴즈안전기의 휴즈선을 알맞춤한것으로 선택하여 쓰는것이다. 휴즈선으로 동선 또는 알루미니움선을 쓰거나 지나치게 굵은 연선을 쓴다면 센 전류가 흘러도 휴즈선이 끊어지지 않으므로 전기줄에 씌운 절연물(비닐, 고무, 천 등)에 불이 당겨 화재사고를 일으키거나 변압기를 태워버릴수 있다.

그러므로 다음의 표에 씌여진 전류의 세기에 알맞는 휴즈선을 써야 한다.

전류의 세기에 따르는 휴즈선의 직경

휴즈선직경 [mm]	정격전류 [A]	허용전류 [A]	휴즈선직경 [mm]	정격전류 [A]	허용전류 [A]
0.28	1	2	0.54	2.25	4.5
0.32	1.1	2.2	0.60	2.5	5
0.35	1.25	2.5	0.71	3	6
0.36	1.35	2.7	0.81	3.75	7.5
0.40	1.5	3	0.98	5	10
0.46	1.85	3.7	1.02	6	12
0.52	2	4			

전기사용에서 다음으로 주의할 점은 사람이 전기에 감전되지 않도록 하여야 한다. 감전사고는 가정의 전기회로의 두 전기선중에서 사람의 몸이 직접 혹은 간접적으로 상선과 련결될 때 생긴다.

전기를 사용할 때 절연피복이 없는 상선이나 그와 잇닿아있는 도체를 절대로 다치지 말아야 한다. 전기선의 절연이 파괴되면 비닐이나 고무로 감싸놓아야 한다. 또한 절연부분을 건조시켜야 한다. 그리고 젖은 손으로 스위치를 누르거나 전기설비들을 다치지 말아야

한다.(그림 3-38)

번개치는 날에는 모든 전기기구의 스위치를 끄는것이 좋으며 야외안테나를 가진 TV는 리용하지 않을 때에는 언제나 전원접속구를 뽑아놓아야 한다.(그림 3-39)

전기사용에서 다음으로 중요한것은 전기기구의 접속두를 접속구에 꽂을 때 접촉이 잘되도록 하여야 한다. 접촉이 잘되지 않으면 접촉부위에 열이 생겨 녹을수 있으며 화재사고를 일으킬수 있다. 전기기구를 수리할 때에는 스위치나 휴즈안전기를 끄고 수리하여야 한다.(그림 3-40)

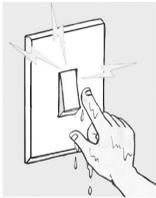



그림 3-38. 절연체가 젖으면 감전될수 있다

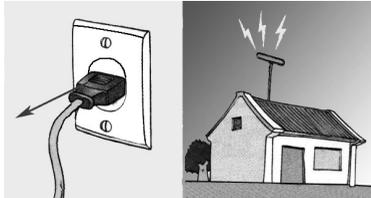



그림 3-39. 번개칠 때 스위치를 꺼야 한다

그림 3-40. 전기기구를 수리할 때

문 제

1. 휴즈선으로 왜 동선이나 알루미니움선을 쓰지 말아야 하며 연합금이라도 지나치게 굵은것을 쓰면 왜 안되는가?
2. 자기 집에서 쓰는 전기기구들의 총 전력을 알아보고 알맞는 휴즈선의 직경을 구하여라. 그리고 휴즈선이 규정대로 되였는가를 따져보아라.
3. 휴즈선은 개별적인 전기기구 례를 들면 TV, 라지오, 록음기, 세탁기, 랭동기에도 다 들어있다. 왜 그런가?
4. 접속두가 접속구에 꼭 맞지 않고 틈이 있으면 전기가 랑비되고 사고까지 낼수 있다. 왜 그런가를 설명하여라.

[복습문제]

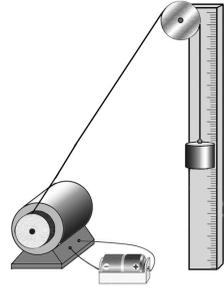
1. 그림 3-41과 같이 작은 전동기로 질량이 0.6kg인 추를 1m만큼 끌어올리는데 10s의 시간이 걸렸다. 이때 전동기에는 6V의 전압에서 0.1A의 전류가 흘렀다. 전류가 한 일과 전동기의 력학적일을 구하여 비교해보고 효률을 구하여라.

   (답. 6J, 5.88J, 98%)

그림 3-41

2. 손전지용전등이 소비하는 전력은 0.4W이고 2.5V의 전압에서 쓰도록 되여있다. 이 전등에 흐르는 전류의 세기를 구하여라. 불을 켰을 때의 이 전등의 저항은 얼마인가?

   (답. 0.16A, 약 15.6Ω)

3. 니크롬선의 자름면적은 0.2mm^{2}이고 길이는 40cm이다. 니크롬선의 량끝에 12V의 전압을 걸어주면 1min동안에 전류가 한 일은 얼마인가? 니크롬선의 비저항은 110×10^{-8}Ω·m이다.

   (답. 약 3 927J)

4. 출력이 100만kW인 발전소가 1년동안 생산하는 전력량은 얼마인가?

   (답. 8.76×10^9kW·h)

5. 전열기의 저항은 20Ω이고 그 련결도선의 저항은 0.01Ω이다. 여기에 5A의 전류가 흐를 때 1s동안에 전열기와 련결도선에서 나오는 열량은 각각 얼마인가? 여기서 무엇을 알수 있는가?

   (답. 500J, 0.25J)

6. 온도가 0℃이고 질량이 1kg인 물속에 저항이 200Ω인 니크롬선을 잠그고 200V의 전압을 걸어주었다. 몇min후에 물이 끓기 시작하겠는가?

   (답. 35min)

7. 전력이 1kW인 전열기로 2L의 물의 온도를 10℃로부터 100℃까지 높이려면 얼마만한 시간이 걸리겠는가? 전열기의 효률은 60%이다.

   (답. 21min)

8. 전등과 전기줄에 같은 전류가 흐른다. 이때 전등의 실줄은 시뻘겋게 되는데 전기줄은 더워지지 않는다. 왜 그런가?

9. 그림 3-42와 같이 두개의 자석끝에 못이 붙어있다. 이 두개의 자석을 접근시켜 두 극을 서로 맞닿게 하면 못들은 어떻게 되며 왜 그런가?

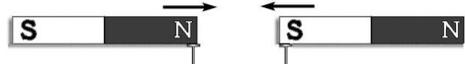



그림 3-42

10. 실험실에 있는 한 실험기구에 전등이 켜져있다. 이 전등에 흐르는 전류가 직류인가 교류인가를 어떻게 하면 알아낼수 있는가?

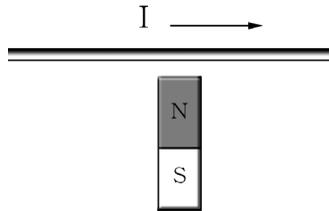
11. 자석의 N극우에 전기줄이 지나갔다. 전류가 오른쪽으로 흐를 때 전기줄은 어느쪽으로 자기힘을 받겠는가?(그림 3-43)

풀이방향. 왼손의 규칙을 리용하여 전기줄이 받는 힘의 방향을 결정하여라.

그림 3-43

12. 직류전동기에서는 왜 회전자에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어주어야 하는가?

13. 전자석선륜에 교류전류가 흐르게 하고 그 가까이에 작은 전등을 이은 닫긴 선륜을 가져가면 불이 켜진다.(그림 3-44) 왜 그런가?

14. 직류전동기의 회전자를 돌려주면 거기에는 유도전류가 흐른다. 이 원리를 설명하여라.

15. 닫긴 선륜이 자기마당속에서 움직인다면 항상 닫긴선륜으로 전류가 흐르겠는가?

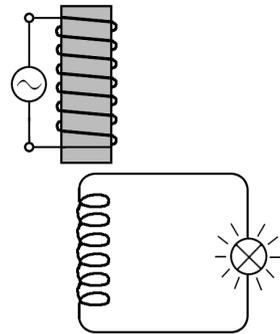



그림 3-44

16. 발전기와 전동기의 구조와 작용에서 공통점과 차이점은 무엇인가?

17. 가정에서 쓰는 TV, 콤퓨터, 다리미, 선풍기, 전기밥가마를 전

원에 련결하는 회로를 그림으로 그려보아라.

18. 콤팍트전등을 쓰면 전기를 절약할수 있다고 한다. 왜 그런가를 설명해보아라.

19. 어느 학교의 적산전력계에 흐를수 있는 최대전류의 세기는 전압이 220V일 때 10A이다. 학교에는 11W짜리 콤팍트전등 20개와 18W짜리 콤팍트전등 10개가 설치되여있다. 설명절을 경축하기 위하여 콤팍트전등을 더 설치하려고 한다. 11W짜리 콤팍트전등 몇개를 더 켤수 있겠는가?

(답. 163개)

20. 가정의 전기회로에서 전력이 P_1=100W, P_2=P_3=60W인 세개의 전기기구를 동시에 사용할 때 휴즈선을 통과하는 전류의 세기를 구하여라. 전원전압은 220V이다.

(답. 1A)

21. 어느 한 가정에서 18W짜리 콤팍트전등 3개, 120W짜리 랭동기 1대, 80W짜리 TV 1대, 300W짜리 다리미를 동시에 쓰려고 한다. 여기에 알맞는 배선용동선과 휴즈선의 직경을 결정하여라.

(답. 동선직경 1.3mm, 휴즈선직경 0.35mm)

22. 끊어진 두 전기선을 이을 때 두끝을 납땜하거나 잘 꼬아서 단단히 이어야 한다. 만일 두끝을 구부려서 걸어놓으면 어떤 현상이 일어나겠는가?

제4장. 소　리

우리 주위에는 사람의 말소리, 음악소리, 기계소리, 바람소리, 새소리 등 여러가지 소리가 끊임없이 나고있다.

소리는 사람들의 일상생활과 밀접히 련관되여있는 물리적현상이며 소리를 떠난 생활과 실천에 대하여 생각할수 없다.

이 장에서는 소리는 어떻게 발생하고 전달되며 어떤 특성을 가지는가 그리고 어떻게 기록하고 재생하는가에 대하여 학습하기로 한다.

제1절. 소리는 어떻게 생기는가

소리는 어떻게 발생하는가

? 소리는 어떤 때 나는가.

실험

○ 소리를 내는 음차를 줄에 매달아 드리운 구에 대본다.(그림 4-1) 이때 구는 떤다.

○ 음차의 소리가 멎은 다음 음차를 구에 다시 대본다. 구는 떨지 않는다.

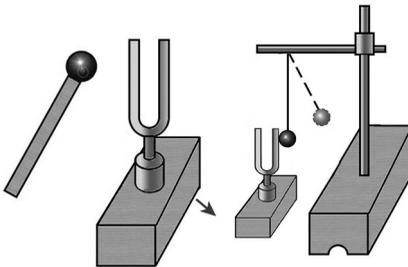



그림 4-1. 음차의 떨기

그림 4-2. 물속에서 음차의 떨기

○ 소리를 내는 음차를 비커에 담겨져있는 물속에 넣어본다.(그림 4-2) 이때 물이 튀여난다. 음차가 떨면 소리가 나고 음차가 떨

지 않으면 소리가 나지 않는다.

이 실험을 통하여 소리는 물체가 떨 때 난다는것을 알수 있다.

물체가 떨 때 소리를 내는 현상은 북면우에 종이쪼각이나 톱밥을 올려놓고 북을 두드려보거나 고성기의 진동면우에 종이쪼각 또는 톱밥을 올려놓고 스위치를 련결하였을 때도 나타난다.

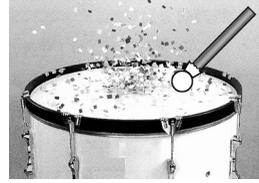



그림 4-3. 북면의 떨기

북소리가 날 때 종이쪼각이나 톱밥이 북면우에서 튀여나며 북판은 떤다. 북소리가 멎으면 종이쪼각은 정지상태에 있다.(그림 4-3)

그림 4-4. 고성기 떨기면의 떨기

고성기에서 소리가 날 때마다 종이쪼각 또는 톱밥이 튀여오른다.(그림 4-4)

고성기의 떨기면이 떨 때 소리가 난다.

떨면서 소리를 내는 물체를 **음원**이라고 부른다.(그림 4-5)

그림 4-5. 소리를 내는 물체들

진동이란 무엇인가

소리를 발생시키는 물체의 떨기를 무엇으로 표현할수 있는가.

실 험

○ 실에 추를 매달아 드리워놓고 추를 약간 밀었다놓으면 평형자리를 중심으로 왔다갔다하는 운동을 한다.(그림 4-6)

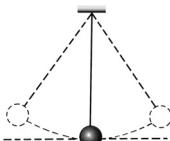



그림 4-6. 흔들이의 운동

그림 4-7. 줄의 진동

○ 그림 4-7과 같이 기타에서 줄을 옆으로 튕기면 줄은 튕기는 방향으로 왔다갔다하는 운동을 한다.

흔들이나 줄처럼 평형자리를 중심으로 왔다갔다하면서 되풀이되는 떨기운동을 **진동**이라고 부른다.

진동이 얼마나 빨리 일어나는가를 나타내는데는 진동주기와 진동수를 쓴다.

한번 진동하는데 걸리는 시간을 **진동주기**라고 부르며 1s동안에 진동하는 수를 **진동수**라고 부른다.

진동주기는 1s(초)를 단위로 하여 재고 진동수는 1Hz(**헤르쯔**)를 단위로 하여 잰다.

1Hz는 1s동안에 한번 떠는 진동수이다.

진동주기와 진동수는 어떤 관계에 있는가?

흔들이의 진동을 살펴보면 무엇을 알수 있는가.

실험

○ 실의 길이가 각이한 흔들이의 추들을 꼭같이 조금 밀었다놓자.(그림 4-8) 실의 길이가 길수록 천천히 진동하며 진동주기는 길고 진동수는 작다. 실의 길이가 짧을수록 흔들이의 추는 빨리 진동하며 진동주기는 작고 진동수는 커진다.

○ 흔들이의 추를 조금 밀었다놓으면 약하게 진동하고 많이 밀었다놓으면 세게 진동한다.(그림 4-9) 이때 추가 평형자리로부터 벗어나는 거리가 다르다.

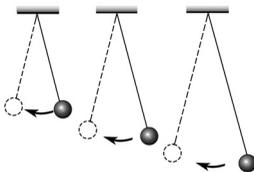



그림 4-8. 흔들이의 길이가 길수록 진동주기는 길고 진동수는 작다

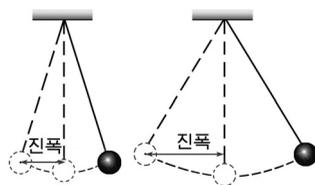



그림 4-9. 진폭

실험을 통하여 흔들이의 진동주기와 진동수가 흔들이의 길이에 관계되며 흔들이가 세게 진동할수록 평형자리로부터 벗어나는 거리가 커진다는것을 알수 있다.

이때 평형자리로부터 제일 멀어지는 점까지의 거리를 **진폭**이라고 부른다.

세게 진동할 때는 진폭이 커진다.

사람이 듣는 소리

어떤 동물들은 진동수가 아주 낮은 소리를 듣는다.

코끼리를 비롯한 일부 동물들은 바로 이런 소리를 내보내거나 들으면서 저희들끼리 《대화》를 하며 지어는 멀리서 일어나는 화산이나 지진현상도 빨리 감촉한다.

사람은 진동수가 지내 작거나 너무 큰 소리는 듣지 못한다.

사람은 약 16Hz로부터 20 000Hz까지의 진동수를 가진 소리만을 들을수 있다.(그림 4-10)

진동수가 16Hz이하인 소리를 **아음파**라고 부르며 20 000Hz이상인 소리를 **초음파**라고 부른다.

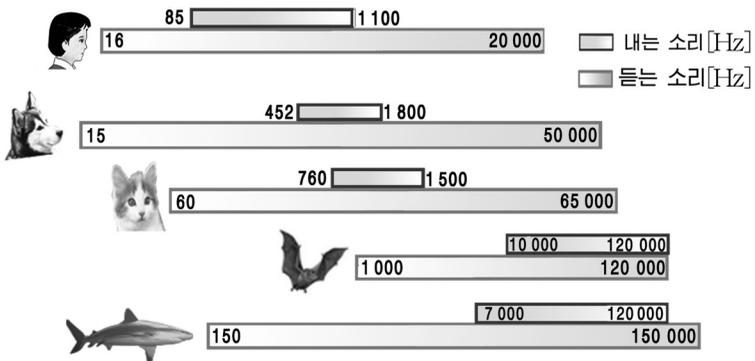



그림 4-10. 듣는 소리와 내는 소리

문 제

1. 물체가 떨 때 소리가 나는 실례를 5가지이상 들고 설명하여라.
2. 전기종에서는 무엇이 진동하면서 소리를 내는가?
3. 길이가 1m인 흔들이를 진동하게 하고 10번 진동하는데 걸리는

시간을 재였더니 20s였다. 이 흔들이의 진동주기와 진동수는 얼마인가?

4. 진동하는 물체는 어떤 점을 지날 때 가장 빠르고 어떤 점을 지날 때 가장 뜬가?

제2절. 소리의 전달

우리가 주위에서 나는 북소리, 바이올린소리, 고성기소리, 사람의 노래소리를 들을수 있는것은 귀에 여러가지 소리가 전달되기 때문이다.

소리의 전달

? 소리는 무엇을 통하여 전달되는가.

실 험

○ 책상에 귀를 대고 책상의 한쪽 모서리를 손가락으로 두드려본다.(그림 4-11) 이때 소리가 들린다.

그림 4-11. 나무속에서 소리가 퍼진다

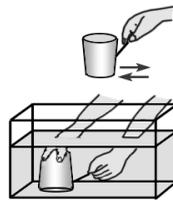



그림 4-12. 물속에서 소리가 퍼진다

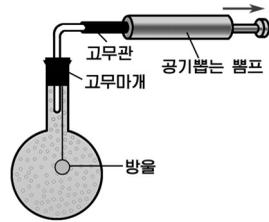



그림 4-13. 공기를 빼면 소리가 퍼지지 않는다

○ 쇠저가락으로 유리고뿌를 두드려본다. 이때도 소리가 들린다.(그림 4-12) 물속에서 쇠저가락으로 유리고뿌를 두드려본다. 이때도 소리가 들린다.

○ 그림 4-13과 같이 플라스크안에 작은 소리방울을 매달고 흔들어본다. 이때도 소리가 들린다. 공기를 뽑는 뽐프로 플라스크

안에 있는 공기를 뽑으면서 방울을 흔든다. 그러면 방울소리가 점점 약해지다가 잘 들리지 않는다.

그림 4-14. 진공속에서 시계소리는 나지 않는다

진공속에서 시계가 가는 소리는 전혀 들리지 않는다.(그림 4-14)

이 실험을 통하여 소리가 공기, 물, 나무와 같은 물질속에서는 잘 전달되지만 공기가 없는 진공속에서는 전달되지 않는다는것을 알수 있다.

소리는 물질속에서만 전달된다.

소리가 전달될 때 물질속에서 무엇이 전달되는가.

실험

○ 뜀줄의 한끝을 고정하고 수평으로 늘여놓은 다음 다른 끝을 흔들어 진동하게 한다. 이때 진동이 뜀줄을 따라 다른 끝으로 퍼져나간다.(그림 4-15의 ㄱ)

○ 수평으로 늘여놓은 용수철의 한끝을 용수철의 길이방향으로 밀었다놓자.(그림 4-15의 ㄴ) 이때에도 진동이 용수철을 따라 전달된다.

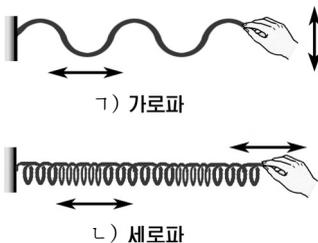
ㄱ) 가로파

ㄴ) 세로파

그림 4-15. 가로파와 세로파

이 실험을 통하여 물체의 한 부분에서 일어난 진동은 다른 부분에로 전달되여간다는것을 알수 있다.

이렇게 진동이 전달되여나가는것을 **파동**이라고 부른다.

늘여놓은 뜀줄을 흔들 때처럼 진동방향(흔드는 방향)에 수직으로 퍼져나가는 파동을 **가로파**라고 부른다.

용수철을 밀었다놓을 때처럼 진동방향(밀었다 놓는 방향)으로 퍼져나가는 파동을 **세로파**라고 부른다.

소리는 음원의 진동이 물질속에서 전파되는 세로파이다.

소리는 물질속에서 어떻게 전달되는가

그림 4-16과 같이 북앞에 얇은 종이를 바른 가림판을 세우고 실에 매단 기포수지쪼각과 같은 가벼운 물체를 종이에 대여놓는다. 북을 세게 두드리면서 기포수지쪼각을 살펴보면 북이 울릴 때마다 쪼각이 떠는것을 볼수 있다.

그림 4-16. 소리가 날 때 종이가 떤다

그림을 통하여 소리내는 물체의 진동이 공기나 다른 물질에 옮겨져서 소리가 전달된다는것을 알수 있다.

즉 소리는 진동하는 물체에서 생기며 소리내는 물체의 진동은 공기나 다른 물질을 따라 옮겨가면서 전달된다는것을 알수 있다.

<u>소리는 음원이 진동할 때 그 주위의 물질을 진동하게 하고 이 진동이 물질을 따라 퍼지는 파동(세로파)의 한 형태이다.</u>

우리는 음원에서 나오는 소리가 물질을 따라 퍼져와서 귀의 고막을 진동시킬 때 비로소 소리를 듣게 된다.(그림 4-17)

그림 4-17. 사람의 귀의 구조와 소리의 듣기

문 제

1. 물우에 풀잎(또는 종이쪼각)들을 띄워놓고 물결을 일으켜보아라. 풀잎들이 어떻게 움직이는가?
2. 하늘로 높이 올라갈수록 옆사람과 말을 주고받기 위해서는 더 큰 소리로 말해야 한다. 왜 그런가?
3. 줄전화로 말을 주고받을수 있는 리치는 무엇인가?(그림 4-18)

자체로 줄전화를 만들어보아라. 두꺼운 종이로 직경 5cm, 길이 15cm인 원통을 만든다. 얇은 종이를 통의 직경보다 크게 잘라서 오려낸 다음 실의 끝을 그림과 같이 종이에 붙인다. 이러한 통을 2개 만들고 실들을 이으면 줄전화가 된다.

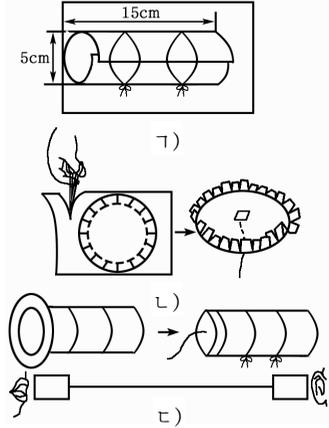



그림 4-18. 줄전화

제3절. 소리의 세 요소

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《음악은 제각기 독특한 소리색갈을 가지고있는 악기의 울림이 잘 조화되였을 때 참으로 아름답게 들린다.》

음악을 듣느라면 소리가 높았다낮았다하기도 하고 커졌다작아졌다하기도 하며 맑은 소리가 나는가 하면 둔한 소리가 나기도 한다.

자연에서 나는 소리도 가지각색이다.

우리가 듣는 이처럼 복잡하고 다양한 소리에는 몇가지 특징이 있다.

그것은 소리의 높이, 크기 및 소리색갈이다. 소리들을 서로 다른것으로 갈라보게 하는 이 세가지를 **소리의 세 요소**라고 부른다.

소리의 높이

소리의 높이는 무엇에 관계되는가.

소리의 높이가 진동하는 줄의 길이와 어떻게 관계되는가를 알아보자.

실 험

○ 기타의 제일 굵은 줄을 튕겨 소리가 나게 한다.(그림 4-19) 이때 낮은 소리가 난다.

○ 같은 줄에서 첫 소리턱을 눌러 줄의 길이를 줄이고 튕긴다. 이때 줄은 빨리 진동하면서 좀 더 높은 소리를 낸다.

○ 같은 줄에서 기타지판의 둘째, 셋째, … 소리턱을 짚으면서 줄을 튕겨 소리가 나게 한다. 줄이 더 빨리 진동하면서 보다 더 높은 소리가 난다.

○ 음차나 악기에서 나는 소리의 진동모양을 콤퓨터로 알아본다.(그림 4-20) 높은 소리는 진동수가 크고 낮은 소리는 진동수가 작다.

그림 4-19. 줄의 진동수와 소리높이사이관계를 알아보는 실험

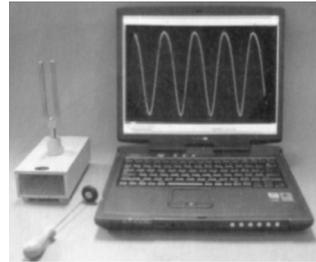



그림 4-20. 콤퓨터에 의한 소리의 진동모양보기

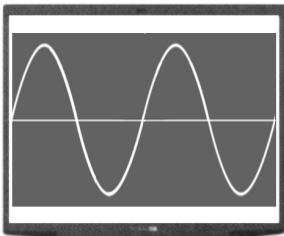
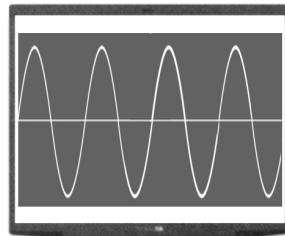
이 실험을 통하여 소리의 높이는 진동수에 관계된다는것을 알수 있다.(그림 4-21) 즉 <u>진동수가 작을수록 소리는 낮아지고 진동수가 클수록 소리는 높아진다.</u>

낮은 소리　　높은 소리

그림 4-21. 진동수가 클수록 소리가 높다

소리의 크기

❓ 소리의 크기는 무엇에 관계되는가.

소리의 크기가 진동하는 줄의 진폭과 어떻게 관계되는가를 알아보자.

실 험

○ 그림 4-22와 같은 기구에서 줄을 약하게 튕길 때와 세게 튕길 때 소리의 크기와 줄이 진동하는 모양을 살펴보자. 줄이 세게 진동하면 소리가 크고 약하게 진동하면 소리가 작다.

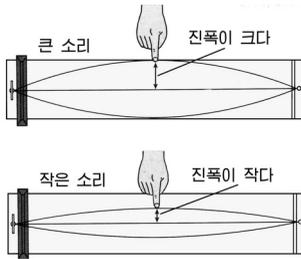



그림 4-22. 줄에서의 소리의 크기

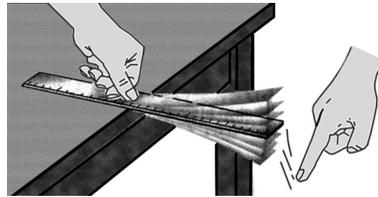



그림 4-23. 판에서의 소리의 크기

○ 그림 4-23과 같이 튐성이 있는 철판을 손으로 약하게 튕길 때와 세게 튕길 때 소리의 진동하는 모양을 살펴보자. 철판이 약하게 진동하면 소리가 작고 세게 진동하면 소리가 크다.

이 실험을 통하여 소리의 크기는 진폭에 관계된다는것을 알수 있으며 다음의 결과를 얻는다.

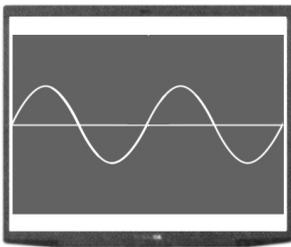
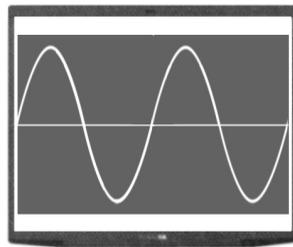
<u>진폭이 클수록 소리도 크다.</u>(그림 4-24)

작은 소리

큰 소리

그림 4-24. 진폭이 클수록 소리는 크다

소리의 색갈

같은 크기로 같은 높이의 소리를 낸다고 하더라도 사람마다 목소리가 다르다. 그러므로 말소리나 노래소리만 듣고도 그가 누구인지 알수 있다. 또한 같은 악보에 의하여 서로 다른 악기들로 연주할 때도 매 악기마다 그 소리의 듣는 맛(귀맛)이 다르다. 따라서 소리만 듣고서도 어느 악기인지 알수 있다.

이처럼 음원에 따라 듣는 맛이 다른 소리의 특징을 **소리의 색갈(음색)**이라고 부른다.

악기의 소리색갈은 악기의 구조에 관계된다.

악기의 구조가 다르면 소리를 낼 때 떠는 모습이 다르게 되고 소리를 듣는 맛도 달라진다. 사람마다 목소리가 다른것은 소리를 내는 성대를 비롯한 입과 목안의 구체적인 모양이 사람마다 다르기때문이다.

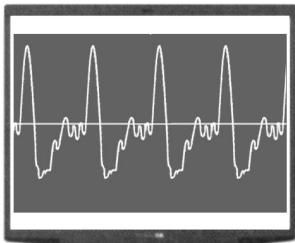
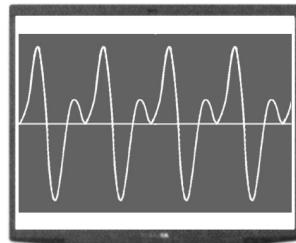
소리를 내는 물체가 어떻게 생겼는가에 따라 음원의 진동모양이 달라진다. 그것을 콤퓨터화면으로 보면 그림 4-25와 같다.

피아노소리

피리소리

그림 4-25. 콤퓨터화면으로 본 진동모양

문 제

1. 같은 재질, 같은 굵기로 된 가야금의 줄들에서 나는 소리의 높이는 무엇으로 조절하는가?
2. 바이올린, 첼로, 콘드라바스는 모양도 비슷하고 연주하는 방법도 비슷한 악기들인데 나는 소리는 모두 다르다. 왜 그런가?
3. 두 학생이 같은 악보를 보면서 노래를 부른다. 그들이 내는 소리의 세 요소가운데서 어떤것이 같고 어떤것이 다른가?
4. 가수의 노래를 직접 들을 때와 라지오나 TV를 통하여 들을 때 무엇이 다르며 그것은 왜 그런가?

제4절. 전화기와 고성기

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《통신은 부대의 신경과 같습니다. 사람이 신경이 마비되면 제대로 움직이지 못하는것처럼 부대도 통신이 마비되면 움직이지 못합니다.》

전 화 기

전화기는 중요한 통신수단으로서 나라의 모든 지역과 인민경제 여러 부문을 이어주며 모든 사업에서 신속성을 보장하는데 널리 쓰인다.

전화기로 어떻게 먼곳의 사람과 말을 주고받을수 있는가.

전화기에는 말소리를 보내는 송화기와 그것을 받아듣는 수화기가 있다.

송화기의 중요한 부분은 진동판과 통속에 들어있는 탄소가루이다.(그림 4-26)

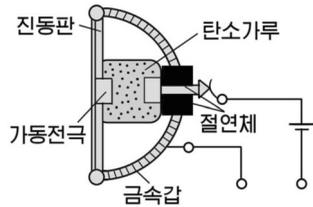
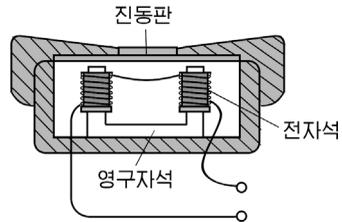
그림 4-26. 송화기의 구조

송화기앞에서 말을 하면 진동판이 진동하면서 탄소가루를 눌렀다놓았다한다. 이에 따라 탄소가루의 밀도가 변하면서 전기저항이 변한다. 탄소가루에는 전압이 걸려있으므로 저항이 변하면 탄소가루를 통하여 흐르는 전류도 변한다.

이 전류의 변화는 송화기진동판의 진동에 의해서 일어나므로 말소리의 진동수와 진폭의 변화를 닮은 변하는 전류가 수화기에 흐르게 된다.

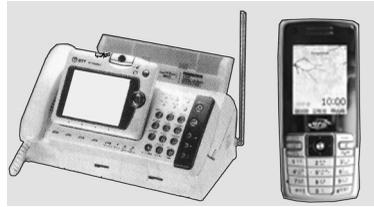
그림 4-27. 수화기의 구조

수화기의 중요한 부분은 영구자석과 전자석, 얇은 철판으로 된 진동판이다.(그림 4-27)

송화기로부터 흘러오는 전류가 수화기의 전자석선륜에 흐르면 전자석은 진동판을 당겼다놓았다한다. 수화기의 전자석선륜에 흐르는 전류는 송화기앞에서 말하는 사람의 말소리에 따라 변하기때문에 수화기의 진동판도 이 말소리와 같은 모양으로 진동하게 된다.

그리하여 수화기의 진동판에는 말하는 사람의 소리와 같은 소리가 난다.

이렇게 소리를 변하는 전류로 바꾸어 전화선(전기선)을 통해 먼 곳까지 보낼수 있다.

그림 4-28. TV전화기, 이동식전화기

오늘날에는 상대방을 서로 마주보면서 전화를 하는 TV전화기, 임의의 장소에서도 전화를 할수 있는 이동식전화기를 비롯한 현대적인 전화기들이 많이 나오고있다.(그림 4-28)

고성기

고성기는 수화기처럼 전기신호를 소리로 바꾸는 기구이다. 우리는 집집마다 고성기를 설치하고 유선방송을 듣고있으며 라지오나 TV, 록화기, 록음기들에 고성기가 있어 여러가지 방송소리를 듣게 된다.

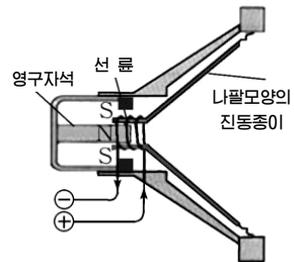
고성기의 구조가 어떻게 되여있어 소리를 내는가.

고성기의 기본부분은 원통형영구자석과 자석의 극사이에서 움직일수 있는 선륜, 나팔모양의 진동종이이다.(그림 4-29)

고성기 영구자석의 두 극사이 좁은 틈에는 선륜이 들어있고 선륜끝에는 진동종이가 붙어있다.

그림 4-29. 고성기의 구조

선륜으로 전류가 흐르면 선륜은 전자석으로 되여 영구자석의 극과 호상작용한다. 선륜으로 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 전자석의 극도 바뀌여 영구자석과 작용하는 방향도 반대로 된다.

선륜으로 흐르는 전류의 세기가 변하면 선륜이 받는 자기힘도 변한다. 영구자석과 전자석사이에 주고 받는 자기힘에 의하여 선륜이 영구자석의 두 극사이의 좁은 틈속으로 들어갔다나왔다하는 운동을 한다. 이에 따라 선륜과 련결된 나팔모양의 진동종이가 진동하면서 소리를 낸다.

문 제

1. 송화기는 어떻게 소리를 전기신호로 바꾸며 수화기는 어떻게 전기신호를 소리로 바꾸는가?
2. 고성기와 수화기에서 무엇이 진동하면서 소리를 내는가를 따져보고 다른 점을 말하여라.
3. 수화기와 고성기에서 들리는 사람의 목소리는 실지 그 사람과 마주 서서 이야기할 때의 목소리와 꼭같지 않다. 왜 그런가?
4. 마이크의 동작원리를 그림 4-30을 보고 설명하여라.

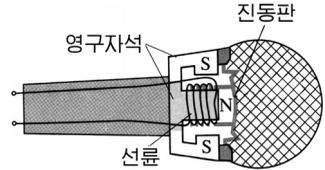



그림 4-30. 가동선륜형마이크

제5절. 소리의 기록과 재생

우리는 말이나 음악과 같은 소리를 기록하였다가 필요한 때에 되살려듣는다.

소리는 어떻게 기록하며 되살리는가.

록음기(자기테프록음)

자기테프식록음기의 소리기록과 소리재생에 대하여 보자. 록음테프는 수지막에 자성체가루를 접착제에 섞어 발라놓은 자기테프이다.(그림 4-31)

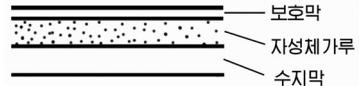



그림 4-31. 록음테프의 자름면

록음하지 않았을 때 자성체가루들은 자화되여있지 않다. 록음기의 구조를 보면 그림 4-32와 같다.

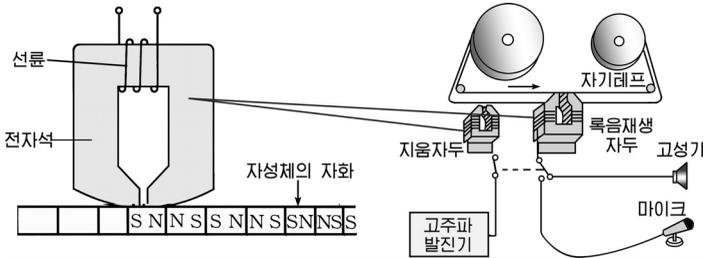



그림 4-32. 자기테프록음기원리

여기에서 자두는 철심에 선륜을 감은 작은 전자석이다.

먼저 록음하는 원리를 보자.

마이크에 소리가 와닿으면 그 소리의 진동에 따라 변하는 전류가 생겨 그것이 증폭된 후 록음재생자두의 선륜에 흐른다. 이 전류가 소리의 진동과 꼭같이 변하는 자기마당을 만든다. 록음되지 않은 자기테프가 이 록음재생자두앞을 지날 때 자성체가루들이 자화되면서 테프에는 소리와 같이 변하는 자기마당이 기록된다.

다음으로 소리가 재생되는 원리를 보자.

록음된 자기테프가 록음재생자두의 틈앞을 지날 때 자화된 자성체가루들이 만드는 자기마당이 록음재생자두의 선륜에 작용한다. 따라서 소리의 진동모양에 따라 자성체가루들이 자화된 테프가 이동할 때 선륜에는 유도전류가 생긴다. 이 유도전류는 록음된 소리의 진동과 같은 모양으로 변하는 전류이다. 이 유도전류가 증폭되여 고성기에 흘러 소리가 난다.

테프에 록음된 소리를 지우고 다른 소리를 록음하려면 테프를 지움자두(소거자두)앞으로 지나보내야 한다.

영화록음(필림록음)

우리는 영화를 볼 때 화면과 함께 소리를 듣는다.

❓ 그러면 영화를 볼 때 소리를 어떻게 직접 동시에 들을수 있는가.

영화필림을 관찰해보면 **소리띠**라고 부르는 좁은 띠가 찍혀져있다.(그림 4-33) 소리띠에는 소리의 진동에 따라 너비가 커졌다작아졌다하면서 변하는 검은 띠가 기록되여있다. 이 소리띠에 빛을 쪼여주면 소리띠를 지난 빛이 빛전지에 들어가게 된다.(그림 4-34)

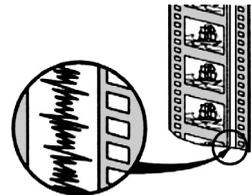



그림 4-33. 영화필림의 소리띠

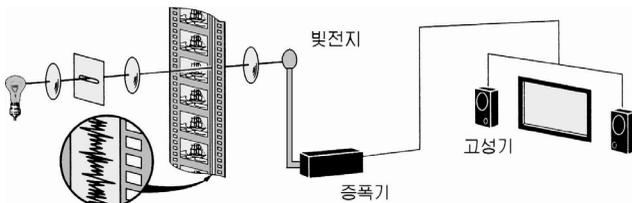



그림 4-34. 영화에서 소리의 재생

빛전지는 빛의 작용에 의하여 회로에 전류가 흐르게 하는 기구이다. 소리띠의 너비에 따라 빛전지에 들어가는 빛의 세기가 변하며 빛전지에는 이에 따라 변하는 전류가 흐른다. 이것을 증폭하여 고성기에 보내면 소리가 재생된다.

지금은 레이자라고 부르는 특수한 빛을 써서 소리의 진동을 수자신호로 바꾸어 소리를 기록하는 새로운 록음방식이 리용되고있다.

이러한 방식으로 록음한 판을 **CD(콤팍트디스크)**라고 부른다.(그림 4-35)

그림 4-35. 콤팍트디스크

문 제

1. 록음기, 영사기에서 록음테프나 필림의 이동속도가 떠지거나 빨라지면 소리가 어떻게 들리겠는가?
2. 자기테프록음과 필림록음의 차이점을 말하여라.
3. 자기테프에 록음된 소리를 지우려면 어떻게 하여야 하는가?

일화 에디슨의 축음기 발명

에디슨은 1877년 세계에서 처음으로 소리를 기록하고 재생하는 장치인 축음기를 만들었다. 비상한 관찰력을 지닌 그는 어느날 바다기슭을 산보하다가 잔잔한 물결이 오르내리는 백사장에 주의를 돌렸다.

(저렇게 잔잔한 물결도 백사장에 제 모습을 남기누나. 그렇다면 사람의 소리도 그 어디에 기억해두었다가 재생시킬수 없을가?)

이런 생각이 그의 머리속에 떠오르는것이였다.

그는 실험실에 들어와서 유리판에 보드라운 모래를 펴고 피아노우에 올려놓고는 건반을 두드려보았다. 유리판우의 모래는 피아노소리의 흔적을 남기는것이였다. 그날부터 에디슨은 축음기제작에 달라붙었다. 고심어린 연구끝에 원통형석판에 소리를 기록하고 그것을 재생시킬수 있는 세계최초의 축음기를 만드는데 성공하였으며 그것을 완성해나갔다.

그리하여 오늘과 같은 원통형레코드판을 만드는데 성공하였다. 레코드판에는 기록하려는 소리에 따라 변하는 한줄의 라선형홈이 패여져있다. 진동막이 달린 축음기바늘이 이 홈을 따라 움직이면 진동막이 울리면서 소리가 재생된다. 전축(전기축음기)은 바늘의 진동을 전기신호로 바꾸고 그것을 증폭하여 고성기를 울리게 되여있다.

[복습문제]

1. 우리가 일상생활에서 보게 되는 진동의 실례를 3가지이상 들어 보아라.
2. 흔들이를 기울였다가 놓으면 평형자리에로 되돌아가면서 진동을 한다. 이것은 무엇때문인가?
3. 아래의 문장들가운데서 옳은것을 찾아내여라. 그리고 옳지 않는 문장에서 틀리게 쓴 부분을 찾아 옳게 고쳐라.
   ㄱ) 진폭의 단위는 1Hz이다.
   ㄴ) 진동주기가 길면 진동수는 작아진다.
   ㄷ) 소리는 금속이나 물속에서는 잘 퍼지지만 공기나 진공속에서는 퍼지지 않는다.
   ㄹ) 진동주기는 한번 진동하는데 걸리는 시간이다.
4. 진동수가 50Hz인 진동의 진동주기는 얼마인가?
   (답. 0.02s)
5. 다음의 글에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.
   ㄱ) 소리는 물체가 □ 때 나며 □에서는 퍼지지 못하고 기체, □, □속에서 퍼진다.
   ㄴ) 소리는 물질을 따라 □이 차례차례 전달되여나가는 □의 한 형태이다.
   ㄷ) 사람은 진동수가 약 □～□Hz인 소리를 들을수 있다. 진동수가 □수록 소리는 높으며 □이 클수록 소리는 크게 들린다.
   ㄹ) 소리내는 물체의 생김새와 크기가 다르면 떠는 모습이 달라서 그것이 내는 소리의 □이 달라진다.
6. 북을 두드릴 때 세게 두드려도 소리의 높이는 변하지 않는다. 왜 그런가?
7. 송화기에 들어있는 탄소가루는 어떤 역할을 하는가?
8. 수화기에 들어있는 영구자석은 어떤 역할을 하는가?
9. 록음기에 기록된 소리를 되살리는 원리는 무엇인가?

제5장. 빛

태양은 밝은 빛을 뿌리며 온 누리를 환히 비쳐주고 전등이나 별도 빛을 내보낸다. 이 빛에 의하여 우리는 주위의 모든 물체를 가려보게 된다.

빛이 없다면 우리는 한치앞도 가려볼수 없으며 식물이나 동물도 살아갈수 없다.

이처럼 빛현상은 우리의 생활에서나 과학을 연구하는데서 한시도 없어서는 안될 매우 귀중한 자연현상이다.

이 장에서는 빛은 어떻게 퍼져나가며 그의 성질과 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 빛의 직진

빛은 물이나 공기와 마찬가지로 우리 생활에서 많이 리용된다. 태양과 각종 전등은 빛을 내여 물체들을 환히 비쳐준다. 태양이나 전등처럼 빛을 내는 물체들을 **광원**이라고 부른다.

그림 5-1. 탐조등의 빛줄기

그림 5-2. 수림속의 빛줄기

빛의 직진

❓ 광원으로부터 나온 빛은 어떻게 퍼져나가는가.

탐조등이나 손전지(레이자전지)에서 퍼져나가는 빛줄기(그림 5-1)와 수림속으로 해빛이 들어올 때의 빛줄기모양을 살펴보면 곧추 나간다.(그림 5-2)

공기속에서 빛은 곧추 퍼져나간다.

빛은 공기속에서뿐아니라 물속에서도 곧추 퍼진다.

또한 유리속에서도 곧추 퍼진다.(그림 5-3)

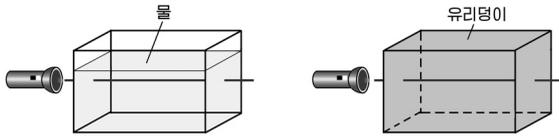



그림 5-3. 물질속에서의 빛의 직진

공기나 물, 유리처럼 빛을 잘 통과시키는 물질을 **투명체**라고 부르며 두꺼운 종이나 나무, 철판처럼 빛을 전혀 통과시키지 않는 물질을 **불투명체**라고 부른다.

투명체속에서 빛이 어떻게 퍼져나가는가.

빛이 어떻게 퍼져나가는가를 빛선을 통하여 알아보자.

가는 빛줄기를 따라 그은 선을 **빛선**이라고 부른다.(그림 5-4) 이 빛선을 통하여 빛이 공기속에서 곧추 퍼져나간다는것을 알수 있다.

그림 5-4. 빛선

이와 같이 빛이 곧추 퍼져나가는것을 빛의 **직진**이라고 부른다.

빛은 공기속에서만 퍼지는것이 아니라 진공속에서도 퍼진다. 이것은 태양빛이 지구에까지 오는것을 보고도 알수 있다.

빛이 직진한다는것은 그림자를 보고도 알수 있다.

그림 5-5. 그림자는 왜 생기는가

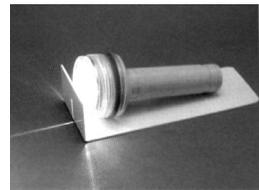
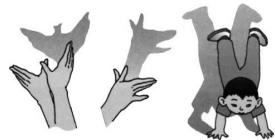
광원에서 나오는 빛이 지나가는 길에 불투명체를 놓고 그뒤에 비춤판을 세우면 비춤판에는 그것을 닮은 그림자가 생긴다.(그림 5-5)

그림자는 빛이 불투명체속으로 뚫고 지나가지 못하여 그것의 뒤부분을 비치지 못하므로 그늘이 지기때문에 생긴다.

빛줄기들이 서로 사귀면 어떻게 되는가.

그림 5-6. 빛줄기의 사귐

빛줄기들은 서로 사귀여도 퍼지는 방향이 아무런 변화없이 본래의 방향으로 직진한다.(그림 5-6)

그러므로 여러 방향으로 퍼지는 빛이 있어도 우리는 자기 앞의

물체를 정확히 볼수 있는것이다.

빛의 직진은 총을 쏠 때 조준하거나 측량할 때, 직선이나 평면의 검사 등에 널리 리용된다.

빛의 속도

그림 5-7. 빛의 속도는 소리속도보다 빠르다

먼곳에서 일어난 번개를 본 순간과 그곳에서 들려오는 우뢰소리를 듣는 순간이 같은가 다른가.(그림 5-7)

번개불을 본 다음 조금 있어야 우뢰소리가 들린다. 명절날 밤하늘에 터지는 축포를 생각해보자.

축포알이 올라가 터져 생기는 꽃보라를 본 다음 잠간 있어야 축포알이 터지는 소리가 들린다.

이러한 사실은 빛의 속도가 소리의 속도보다 훨씬 빠르다는것을 보여준다.

❓ 그러면 빛속도는 얼마나 되는가.

빛속도는 진공속에서 제일 빠르다.

빛은 진공속에서 1s동안에 30만km나 퍼져나간다. 진공속에서의 빛의 속도를 c로 표시하면

$$c=3\times10^8\text{m/s}$$

지구로부터 약 38만km나 떨어져있는 달까지 빛은 1s 남짓한 시간이면 갈수 있다.

투명체속에서 빛속도는 진공속에서보다 작다.

례를 들어 물속에서는 225 000km/s이고 보통유리속에서는 200 000km/s이다.

[례제] 4km밖에서 번개가 일었다. 번개빛을 본 다음 시간이 얼마 지나서 우뢰소리를 듣겠는가? 소리의 속도는 340m/s이다.

풀이. 주어진것: S=4km=4 000m

$v_{소}$=340m/s

구하는것: t ?

$$t=\frac{S}{v_{소}}=\frac{4\ 000\text{m}}{340\text{m/s}}\approx11.76\text{s}$$

답. 약 11.76s

문 제

그림 5-8

1. 그림자는 왜 생기는가? 빛의 직진현상으로 설명하여라.
2. 한 휘거선수의 그림자가 4개로 나타났다.(그림 5-8) 광원은 어디에 있는가?
3. 낮에 곧은 관속으로 물체를 볼 때에는 그 물체가 보이지만 구부러진 관으로는 보이지 않는다. 왜 그런가?

4. 길이가 1m인 자를 땅우에 수직으로 세웠을 때 그림자가 0.8m로 되였다. 그림자의 길이가 9.6m인 굴뚝의 높이는 얼마인가?

참고 속그늘과 겉그늘

광원이 물체에 비하여 클 때 혹은 여러개의 광원이 한 물체에 비칠 때에는 광원의 매 점에서 나가는 빛선에 의한 그림자들이 생겨 이것들이 겹친다.

물체에 의하여 빛이 완전히 가리워져 어둡게 되는 그림자의 가운데부분은 **속그늘**, 빛의 일부만 가리워져서 덜 어둡게 되는 그림자의 바깥부분은 **겉그늘**이라고 부른다.(그림 5-9)

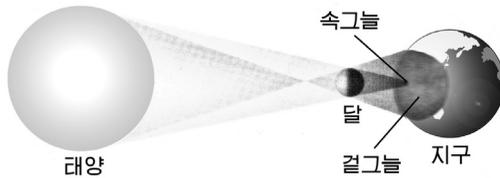



그림 5-9. 속그늘과 겉그늘

속그늘의 크기는 광원이 클수록 작아진다.

병원의 수술실에 있는 전등은 여러개의 광원으로 이루어져있으므로 수술의사의 몸에 의한 속그늘이 생기지 않도록 함으로써 수술에 지장이 없게 한다.

생각하기 두개의 광원이 하나의 불투명체에 비칠 때 생기는 겉그늘과 속그늘이 어떻게 되는가를 그려보아라.

제 2 절. 빛의 반사

우리는 매일 거울을 마주하고 자기 모습을 보면서 머리도 빗고 옷차림새도 바로잡는다.(그림 5-10)

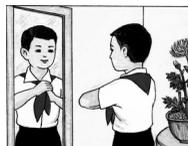



그림 5-10. 거울

빛의 반사법칙

빛이 한 물질속에서 직진하다가 다른 물질을 만나면 어떻게 되는가.

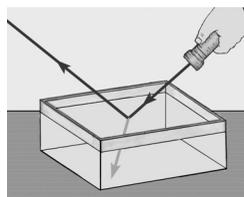
유리통에 담은 물면에 레이자전지로 빛줄기를 경사지게 비춘다.

한 물질(공기)속에서 퍼져나가던 빛이 다른 종류의 물질(물)을 만나면 빛선의 방향이 바뀐다.(그림 5-11)

그림 5-11. 빛선의 방향변화

레이자빛을 거울면에 경사지게 비추어보면 빛이 거울면에서 방향을 바꾸어나간다는것을 알수 있다.(그림 5-12)

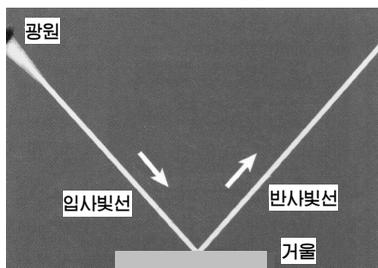



그림 5-12. 거울에서 반사된 빛

한 물질속에서 전파되던 빛이 다른 물질의 경면에서 반사될 때 어떤 법칙성에 따라 반사되는가를 알아보자.

매끈한 평면 MM′에 빛선 AO가 들어와 O점에서 반사하여 OB방향으로 나간다고 하자.(그림 5-13)

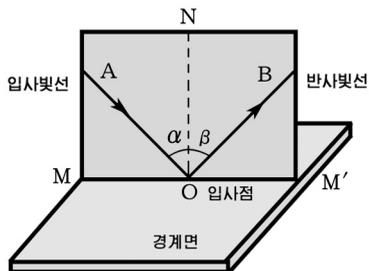



그림 5-13. 입사각과 반사각

빛선 AO를 **입사빛선**, OB를 **반사빛선**이라고 부른다.

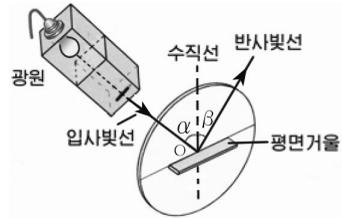
그리고 O점에서 반사면 MM′에 세운 수직선 ON과 입사빛선이 이루는 각 α를 **입사각**, 수직선 ON과 반사빛선이 이루는 각 β를 **반사각**이라고 부른다.

입사빛선이 떨어지는 점을 **입사점**이라고 부른다.

실 험

그림 5-14. 빛의 반사법칙실험

○ 빛의 반사법칙실험기구로 입사각을 15°씩 크게 하면서 빛을 거울면에 입사시킨다.

○ 이때 반사각이 얼마씩 변하는가를 알아본다.(그림 5-14) 반사각도 15°씩 커진다.

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

반사각은 입사각과 같다.($\angle\beta=\angle\alpha$)

입사빛선, 반사빛선 및 입사점에서 경계면에 세운 수직선은 한 평면에 있다. 이것을 빛의 **반사법칙**이라고 부른다.

반사빛선이 나오던 길로 빛을 거꾸로 들여보내면 입사빛선이 들어오던 길을 따라 반사빛선이 나간다.

이와 같이 빛을 반대방향으로 들여보낼 때 지나온 길을 따라 되돌아나가는 현상을 **빛의 역행성**이라고 부른다.

정반사와 란반사

❓ 거울이나 창문유리에서 반사된 해빛이 눈에 비칠 때 너무나 눈이 부시여 앞을 가려볼수 없을 때가 있다. 왜 그런가.

반사면이 매끈하면 같은 방향으로 들어간 빛선들이 반사법칙에 따라 모두 같은 한 방향으로 반사되여나오기때문이다.

이처럼 매끈한 반사면에서 평행으로 들어간 빛이 반사된 후에도 평행으로 나오는 반사를 **정반사** 또는 **거울반사**라고 부른다.(그림 5-15의 ㄱ)

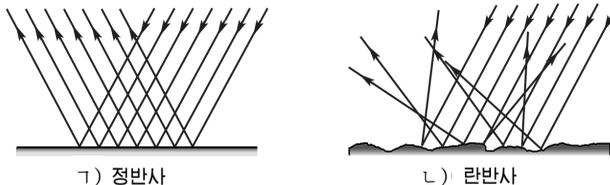
ㄱ) 정반사

ㄴ) 란반사

그림 5-15. 정반사와 란반사

정반사는 입사빛선도 모두 한 방향으로 되고 반사빛선도 다 한 방향으로 되는 반사이다.

? 종이장이나 벽체에서 반사되는 빛은 왜 눈부시게 들어오지 못하는가.

반사면이 매끈하지 못하고 거칠 때 일정한 방향으로 들어간 빛은 여러 방향으로 흩어져 반사되기때문이다.

이처럼 거치른 면에서 평행으로 들어간 빛이 반사된 후에는 평행으로 되지 못하는 반사를 **란반사**라고 부른다.(그림 5-15의 ㄴ)

란반사는 입사빛선은 다 한 방향이지만 반사빛선들은 각이한 방향으로 나올 때의 반사이다.

우리가 어떤 물체인가를 잘 가려볼수 있는것은 빛이 물체의 겉면에서 란반사되기때문이다.

문 제

1. 어떤 경우에 반사빛선이 입사빛선과 수직으로 되겠는가?

2. 그림 5-16과 같이 서로 수직되게 놓여있는 두 거울이 있다. 웃거울에 입사각이 45° 되게 입사한 빛선이 아래거울에서 반사한 다음 어떻게 나가겠는가?

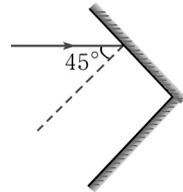



그림 5-16

3. 다음의 문장에서 정확한것을 선택하여라.

ㄱ) 란반사가 일어날 때 모든 반사빛선들에서는 빛의 반사법칙이 성립된다.

ㄴ) 란반사가 일어날 때 모든 반사빛선들에서는 빛의 반사법칙이 성립되지 않는다.

ㄷ) 란반사가 일어날 때 모든 빛의 반사빛선들에서는 반사법칙이 성립될수도 있고 안될수도 있다.

4. 다음 문장가운데서 물리적의미가 옳은것과 옳지 않은것을 가르고 그 근거를 밝혀라.

ㄱ) 정반사는 반사법칙에 따르지만 란반사는 반사법칙에 따르지 않는다.

ㄴ) 빛이 평면거울에 수직으로 입사할 때 반사각은 90°이다.

제 3 절. 평면거울

평면거울

우리가 거울이나 매끈하게 잘 연마된 금속면 그리고 잔잔한 물면에서 자기의 모습을 비쳐볼수 있는것은 무엇때문인가.

그것은 매끈한 면에서 정반사가 일어나기때문이다.

이처럼 빛을 정반사시키는 매끈한 평면을 **평면거울**이라고 부른다.

평면거울을 마주 보면 마치도 자기 모습이 거울의 안쪽에 있는것처럼 보인다.

왜 사람의 모습이 거울의 안쪽에 있는것처럼 보이는가.

실 험

○ 그림 5-17과 같이 수직으로 세운 초불앞에 평면거울을 놓고 본다. 마치도 거울속에 초불이 있는것으로 보인다.

○ 거울의 자리를 옮기면서 거울속의 초불의 자리와 크기를 실지 초불까지의 자리, 크기와 비교하여본다. 거울로부터 실지 초불까지의 거리와 거울속의 초불까지의 거리가 같으며 크기도 꼭같다.

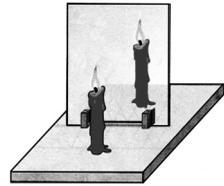



그림 5-17. 거울에 비쳐진 초불

실험에서 보는것처럼 거울에 비쳐진 초불은 실지 초불과 거울로부터 같은 거리에 있으며 같은 크기를 가지고 나타난다.

이처럼 거울안쪽에 있는것으로 보이는 물체의 모습(거울속의 초불)을 평면거울에 의한 물체의 **영상**(또는 **상**)이라고 부른다.

종이나 흐린 유리와 같이 빛을 란반사시키는 면은 영상을 이루지 못한다.

평면거울에 의한 영상

그러면 평면거울에서 영상이 어떻게 이루어지는가.

초불의 끝점 A와 B에서 나간 빛선들은 거울면에서 반사되여

우리 눈으로 들어오게 된다.(그림 5-18)

이 반사빛선들을 거꾸로 연장하여 사귀는 점을 A′, B′라고 하면 우리 눈에 들어오는 빛선들은 마치도 점 A′와 B′에서 나와 직진한것처럼 느껴진다.

그림 5-18. 평면거울에 의한 영상

이 거울속의 점 A′, B′를 초불의 A점과 B점의 **영상점**이라고 부른다.

따라서 물체의 영상은 그 물체의 매개 점들에 대한 영상점들로 이루어진다.

그림 5-19. 거울에서 빛이 지나가는 길

그림 5-19에서 알수 있는것처럼 평면거울에 의한 물체의 영상은 거울면에 대하여 물체와 대칭인 자리에 같은 크기로 생기며 언제나 바로선 영상으로 된다.

평면거울에 의한 영상은 거울에서 반사된 빛선들을 그 반대방향으로 연장하여 사귀는 점(영상점)들로 이루어진 영상이므로 **허영상**이라고 부른다.

그림 5-20. 잠망경의 원리

그림 5-20과 같이 거울 두개를 쓰면 자기보다 훨씬 높은 곳에 있는 물체들을 볼수 있는 장치를 만들수 있다. 이런 장치를 **잠망경**이라고 부른다. 잠망경을 리용하여 참호안에서 적진을 감시하거나 잠수함안에서 바다물면우의 상태를 감시할수도 있다.(그림 5-21)

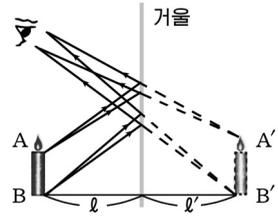
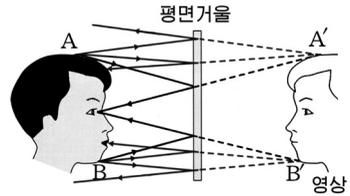
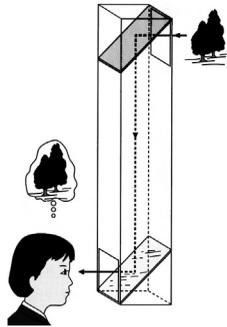
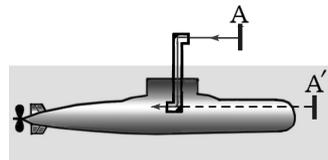



그림 5-21. 잠수함에서 잠망경의 리용

문 제

1. 거울에 먼지가 많거나 물방울이 많이 끼면 왜 영상이 잘 보이지 않겠는가?
2. 그림 5-22와 같이 평면거울 MN앞에 있는 화살모양의 물체 AB의 영상을 그려라. 만일 거울의 PN부분이 없다면 눈이 어떤 자리에 있어야 이 물체의 전체 영상을 볼수 있겠는가?

그림 5-22

3. 그림 5-23과 같이 평면거울앞에 두개의 광원 A와 B가 있다. 눈을 어디로 가져가야 거울을 통해서 보는 두개의 광원이 한개의 광원으로 겹쳐보이겠는가?

그림 5-23

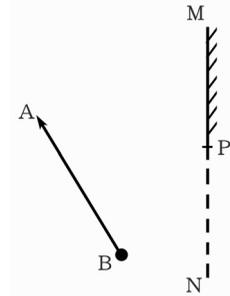
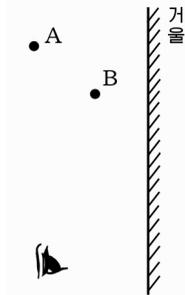
4. 어떤 물체와 평면거울에 의한 그 물체의 영상과의 같은 점과 차이점은 무엇인가?
5. 평면거울앞에 선 사람이 거울을 향해 걸을 때 그 영상이 어떻겠는가? 다음의 문장들가운데서 정확한것을 선택하여라.
   ㄱ) 영상은 커지고 영상까지의 거리는 짧아진다.
   ㄴ) 영상은 변하지 않고 영상까지의 거리도 변하지 않는다.
   ㄷ) 영상은 일정하지만 영상까지의 거리는 작아진다.

낮에는 유리창문으로 밖의 모습은 잘 내다보이고 자기 모습은 잘 보이지 않지만 밤에는 유리창문으로 캄캄한 밖은 보이지 않고 거울처럼 자기 모습만 잘 나타난다.(그림 5-24)
왜 그런가를 생각하여보아라.

그림 5-24

제4절. 구면거울에 의한 영상

손전지안에 있는 반사거울이나 자동차운전칸옆에 붙은 거울(후사경)의 면은 어떤 모양인가.

구면거울과 초점

빛을 반사시키는 면이 매끈한 구면으로 된 거울을 **구면거울**이라고 부른다.

구면거울가운데서 빛을 반사시키는 구면이 오목하게 생긴 구면거울을 **오목거울**, 반사시키는 구면이 볼록하게 생긴 구면거울을 **볼록거울**이라고 부른다.

구면거울은 들어오는 빛선들을 어떻게 반사시키는가.

실 험

○ 평행빛을 오목거울에 약간 경사지게 비추고 비춤판을 옮겨가면서 반사빛을 살펴본다.(그림 5-25) 빛은 한 곳으로 모여든다.

○ 평행빛을 볼록거울에 비추고 같은 실험을 한다.

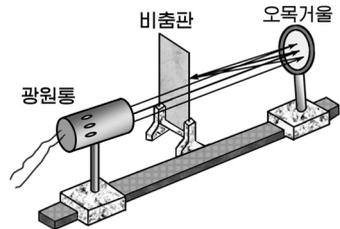



그림 5-25. 구면거울에서 빛의 반사

실험에서 볼수 있는것처럼 오목거울은 들어오는 평행빛을 반사시켜 한 점에 모으며 볼록거울은 들어오는 평행빛을 반사시켜 빛을 헤쳐지게 한다.(그림 5-26)

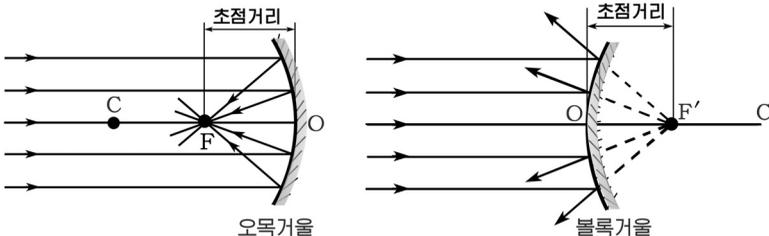



그림 5-26. 오목거울과 볼록거울에서 초점

구면의 중심 C와 거울의 중심 O를 지나는 직선 CO를 구면거울의 **빛축**이라고 부른다.

빛축에 평행인 빛선들이 오목거울에서 반사하여 모여드는 점 F를 구면거울의 **실초점** 간단히 **초점**이라고 부르며 볼록거울에서 반사하여 헤쳐져나가는 빛선들의 연장선들이 사귀는 점 F′를 구면거울의 **허초점**이라고 부른다.

그리고 거울로부터 초점까지의 거리 $OF = f$를 **초점거리**라고 부른다.

구면거울에 의한 영상 그리기

우의 실험을 통하여 오목거울에서 반사된 빛선들은 서로 사귀여 영상을 만든다는것을 알수 있다. 오목거울에서처럼 반사된 빛선들이 직접 사귀여 만들어지는 영상을 **실영상**이라고 부른다.

※ 볼록거울에서는 반사된 빛선들을 반대로 연장하여 허영상을 만든다.

구면거울에 의한 영상은 어떻게 그리는가.

구면거울에 의한 영상은 물체의 한 점에서 나온 빛선들이 거울에서 반사된 후 사귀여 이루어진 영상점을 기하학적으로 그리는 방법으로 얻는다. 이때 물체의 한 점에서는 무수히 많은 빛선들이 나오므로 그가운데서 방향을 쉽게 알수 있는 다음의 3개의 빛선들을 리용한다.

첫째로, 빛축에 평행으로 들어가는 빛선은 구면에서 반사되여 언제나 초점을 지난다.(그림 5-27의 ㄱ)

둘째로, 초점을 지나 들어가는 빛선은 구면에서 반사되여 언제나 빛축에 평행으로 나간다.(그림 5-27의 ㄴ)

셋째로, 구의 중심을 통과하여 들어가는 빛선은 구면에서 반사된 후 다시 구의 중심을 지난다.(그림 5-27의 ㄷ)

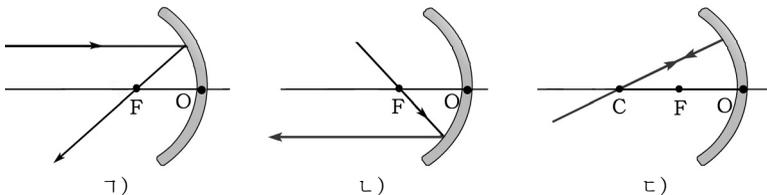



그림 5-27. 구면거울에 의한 영상을 그리는데 쓰이는 빛선

이 빛선들에 의해서 오목거울에서 실영상을 그려보자.(그림 5-28)

그림 5-28. 오목거울에 의한 영상그리기

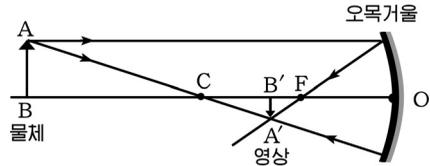
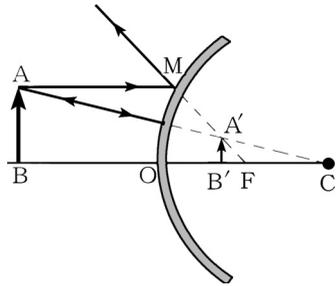
우선 빛축 CO를 그리고 빛축에 수직인 물체 AB를 그린다.

다음 물체의 한 끝점 A에서 나와 빛축에 평행으로 입사하는 한개의 빛선이 구면에서 반사되여 초점 F를 지나는 빛선을 그린다.

다음으로 물체의 같은 끝점 A에서 나온 다른 한개의 빛선이 구면거울의 중심 C를 지나 구면에서 반사된 후 다시 중심 C를 지나가는 빛선을 그린다.

그림 5-29. 볼록거울에 의한 영상그리기

다음으로 이 두 빛선의 사귐점 A′를 찾아 그 물체의 영상 A′B′를 얻는다.

볼록거울에 의한 영상을 우와 같은 방법으로 그리면 그림 5-29와 같다.

⚠ 볼록거울에서는 언제나 작아진 허영상만 생긴다.

문 제

1. 평면거울과 구면거울에서 반사된 빛선들은 서로 어떻게 다른가를 그림을 그리고 설명하여라.
2. 허영상과 실영상은 어떤 거울에서 맺어지며 어떻게 다른가?
3. 오목거울과 볼록거울로 자기의 얼굴을 가까이에서 보면 어떻게 보이겠는가?

제 5 절. 구면거울의 리용

오목거울의 특징과 그 리용

? 오목거울에 의한 영상이 어디에 어떻게 이루어지는가.

실험

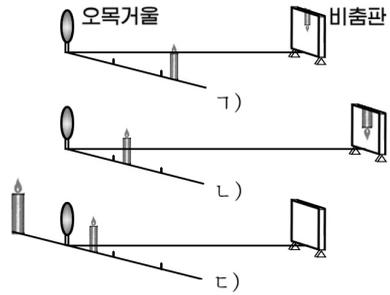
○ 그림 5-25와 같은 장치에서 광원통 대신 초불을 켜놓고 흐린 유리로 된 비춤판을 옮기면서 초불의 영상을 찾아본다.(그림 5-30)

○ 초불을 멀리(초점거리의 2배보다 먼거리)에 놓고 비춤판을 옮기면서 초불의 영상이 나타나게 한다.(그림 ㄱ)

그림 5-30. 오목거울에 의한 영상

○ 초불을 오목거울가까이(초점과 구면중심사이)로 옮겨놓고 비춤판에 영상이 나타나는 자리를 찾는다.(그림 ㄴ)

○ 초불을 초점안쪽(초점과 거울사이)에 옮겨놓고 비춤판에 영상이 나타나는가를 본다.(그림 ㄷ)

○ 초불을 초점에 옮겨놓고 비춤판을 옮기면서 영상의 크기변화를 본다.

이 실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

첫째로, 물체가 초점거리보다 멀리에 있으면 거꾸로선 영상을 얻는다.(그림 5-31)

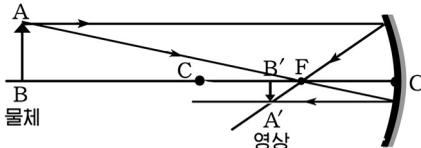



그림 5-31. 물체가 초점거리의 2배보다 멀리 있을 때의 영상

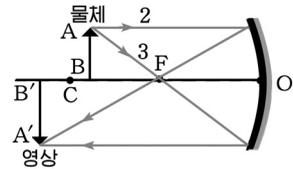



그림 5-32. 물체가 초점과 구면중심사이에 있을 때의 영상

둘째로, 물체가 초점에 가까와질수록 거꾸로선 영상은 거울로부터 멀어지면서 더 커진다.(그림 5-32)

셋째로, 물체가 초점거리보다 가까이에 놓이면 영상은 거울뒤에 바로선 허영상으로 된다.(그림 5-33)

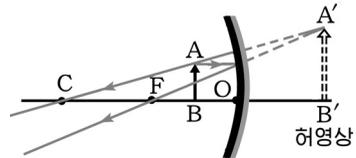



그림 5-33. 물체가 초점과 거울사이에 있을 때의 영상

넷째로, 물체가 초점에 있을 때 비춤판에 나타난 영상의 크기는 비춤판을 옮겨놓아도 달라지지 않는다.(그림 5-34) 즉 반사빛선들은 평행이다.

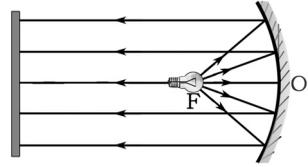



그림 5-34. 물체가 초점에 있을 때의 영상

※ 물체가 구면의 중심에 있을 때에는 영상이 물체와 같은 크기로 물체와 같은 거리에 놓인다.(그림 5-35)

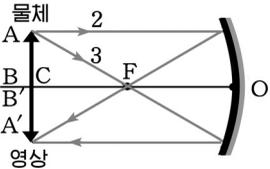



그림 5-35. 물체가 구면중심에 있을 때의 영상

이와 같이 오목거울은 평행빛을 한 점에 모여들게 하는 작용을 하며 물체를 초점에 놓을 때 반사빛을 평행으로 내보내는 작용을 한다.

오목거울의 이러한 특징은 어디에 리용하는가.

오목거울로 해빛을 모아 물체를 가열하는데 쓰인다. 우산만 한 오목거울로 해빛을 모으면 짧은 시간동안에 밥을 지을수 있다.(그림 5-36)

그림 5-36. 오목거울의 리용

큰 오목거울을 쓰면 금속을 녹이는 태양가마도 만들수 있다.

오목거울의 초점에서 나온 빛선들이 평행으로 나가는 성질을 리용하여 손전등이나 탐조등의 빛줄기를 멀리까지 보낼수 있다.

볼록거울의 특징과 그 리용

볼록거울에 의한 영상은 어떻게 생기는가.

실 험

○ 그림 5-25와 같은 실험장치에서 오목거울대신 볼록거울로 바꾸어놓고 실험을 한다.

○ 비춤판으로 실영상을 찾지 못하면 거울속을 들여다보면서 허영상을 찾아본다.

실험에서 보는것처럼 볼록거울에서 반사된 빛은 모이지 않고 다 헤쳐지므로 실영상을 맺을수 없다.

그러므로 반사되여나가는 빛선들을 거꾸로 연장하여 사귐점을 찾아 허영상을 얻는다.

볼록거울의 이러한 특징은 어디에 리용하는가.

볼록거울로 자기 얼굴을 보면 얼굴이 작게 보인다.(그림 5-37)

그림 5-37. 볼록거울에서 작아진 영상

볼록거울은 작은 거울면에 넓은 범위의 영상을 비쳐볼수 있게 하므로 자동차의 후사경으로 리용하고있다.(그림 5-38)

또한 볼록거울을 리용하면 보이지 않는 자동차도로의 굽인돌이를 한눈에 바라볼수 있다.

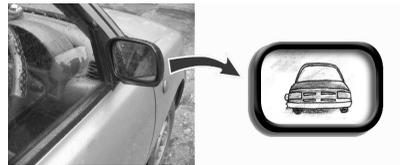



그림 5-38. 자동차의 후사경

문 제

1. 손전등에서 빛이 멀리까지 나갈수 있게 하려면 작은 전등이 어느 자리에 놓여야 하는가?
2. 자동차운전칸량옆에는 볼록거울(후사경)을 달아놓는다. 왜 그렇게 하겠는가?
3. 의사가 환자의 귀를 들여다보는데 쓰는 거울은 어떤 거울이며 왜 그것을 쓰는가?

제6절. 빛의 굴절

빛은 하나의 물질속에서는 곧추 퍼지지만 다른 물질을 만나면 일부는 되돌아오고 일부는 그 물질속으로 퍼져 들어간다.

빛의 굴절현상

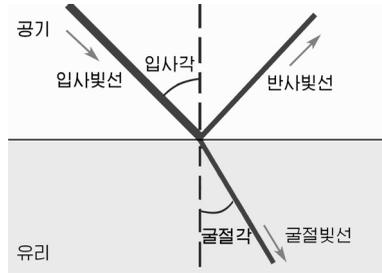
그림 5-39와 같이 물면에 빛을 비추면 공기와 물의 경계면에서 일부는 반사되여 공기속으로 되돌아나오고 나머지는 물속으로 꺾이여 들어간다.

물대신 유리면에 빛을 비추어도 같은 현상을 볼수 있다.

그림 5-39. 빛의 반사와 굴절

이와 같이 빛이 서로 다른 두 물질의 경계면을 지날 때 전파방향이 꺾이면서 들어가는 현상을 **빛의 굴절**이라고 부른다.

방향을 바꾸면서 둘째 물질속으로 들어가는 빛선을 **굴절빛선**이라고 부른다.

또한 입사점에서 두 물질의 경계면에 세운 수직선과 굴절빛선사이의 각을 **굴절각**이라고 부른다.

빛의 굴절현상의 법칙성

빛의 굴절현상은 어떤 법칙성을 가지고 일어나는가.

실 험

○ 그림 5-40과 같이 각도눈금을 새긴 반경이 10cm인 원판을 물그릇안에 세우고 물면이 직선 AB와 일치하도록 물을 붓는다. 그리고 빛을 공기로부터 물로 입사각을 15°, 30°, 45°로 차례로 변화시키면서 입사시키고 굴절각의 변화를 본다.

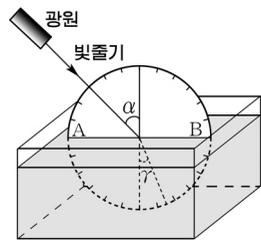



그림 5-40. 빛의 굴절실험

○ 반대로 빛을 물로부터 공기로 입사각을 10°, 25°, 35°로 차례로 변화시키면서 입사시키고 굴절각의 변화를 본다.

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

첫째로, 입사각 α가 커지면 굴절각 γ도 커진다.

둘째로, 빛이 공기에서 물속으로 들어갈 때 굴절각은 입사각보다

작아지며 굴절빛선은 수직선에 더 가까와진다.

반대로 빛을 물로부터 공기로 들여보내면 굴절각은 입사각보다 커지며 굴절빛선은 수직선으로부터 더 멀어진다.

셋째로, 빛이 굴절되는 정도는 둘째 물질의 종류에 따라 달라진다.

강물의 깊이는 실제보다 얕아보인다. 왜 그런가.

물속의 물체를 보는것은 그 물체에서 반사된 빛이 물을 지나서 나오다가 물면에서 굴절되여 우리 눈에 들어오기때문이다.

즉 물속에서 나온 빛은 우리 눈으로 곧추 오는것이 아니라 물면에서 굴절되여 우리 눈에 오게 된다.

그런데 빛이 물에서 공기로 나올 때에는 굴절각이 입사각보다 크다.

따라서 물속에 있는 물체(물고기) AB에서 나와 눈에 들어오는 두 빛선은 그것을 거꾸로 연장한 A′B′에서 곧추 오는것처럼 느껴진다.(그림 5-41)

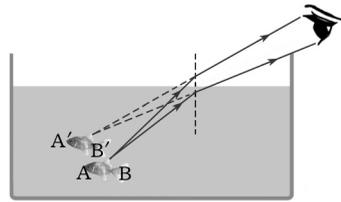



그림 5-41. 물속에 있는 물체가 떠올라와 있는것처럼 보이는 리유

즉 물체 AB는 떠올라와있는것처럼 보인다.

다른 실례로 물속에 잠긴 연필이나 노를 보면 물에 잠긴 부분이 꺾이여보이는것을 들수 있다.(그림 5-42)

그림 5-42. 빛의 굴절현상

문 제

1. 입사각이 령일 때 반사각과 굴절각은 얼마인가?
2. 사기고뿌안에 철로 만든 단추를 넣고 옆에서 보면 단추가 보이

지 않는다. 그러나 고뿌에 물을 부으면 보이지 않던 단추가 보이게 된다. 그 리유를 설명하여라.(그림 5-43)

3. 물겉면에 잔잔한 물결이 일 때 물속에 있는 물체들이 흔들거리는것처럼 보인다. 왜 그런가?

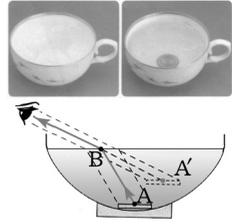



그림 5-43

제7절. 프리즘과 렌즈

프리즘에서 빛의 굴절

유리나 수정과 같이 빛을 잘 통과시키는 투명한 물질을 매끈하게 갈아서 각기둥모양으로 만든것을 **프리즘**이라고 부른다. 보통 3각기둥으로 된 3각프리즘을 많이 쓴다.

프리즘에서 빛이 들어오는 면과 나가는 면이 이루는 각을 **정각**이라고 부르며 정각에 마주하고있는 면을 프리즘의 **밑면**이라고 부른다.

3각프리즘에서 빛이 어떻게 굴절되는가.

그림 5-44와 같이 프리즘의 정각이 우로 올라가게 하고 프리즘을 통하여 물체를 보면 물체가 우에 떠있는것처럼 보인다.

반대로 정각이 아래로 내려가게 하고 물체를 보면 물체가 아래에 있는것처럼 보인다.

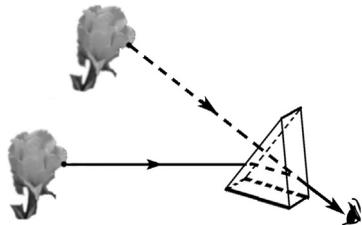



그림 5-44. 프리즘으로 물체보기

왜 그렇게 보이겠는가.

빛이 프리즘의 첫 경계면을 지나 유리로 들어가면서 굴절할 때에는 굴절각이 입사각보다 작아지는쪽으로 굴절한다. 즉 아래쪽으로 굴절한다.

둘째 굴절면을 지나 유리에서 공기에로 나올 때에는 굴절각이 입사각보다 커지는쪽으로 굴절한다.

그리하여 빛은 프리즘의 밑면쪽으로 기울어진다.(그림 5-45)

실험에 의하면 프리즘의 정각이 클수록 프리즘을 지나는 빛은 더많이 굴절한다.

즉 프리즘에서 빛은 프리즘의 밑면쪽(프리즘의 두터운쪽)으로 굴절하는데 정각이 클수록 더 세게 굴절한다.

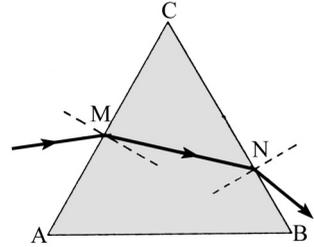



그림 5-45. 프리즘에서 빛의 굴절

렌즈에서 빛의 굴절

안경이나 확대경, 망원경, 사진기에는 렌즈가 들어있다.

렌즈란 무엇인가.

유리와 같이 빛을 잘 통과시키는 투명체로써 두 걸면이 다 매끈한 구면이거나 한쪽 걸면이 평면이 되게 만든것을 **렌즈**라고 부른다.

렌즈에는 가운데부분이 변두리보다 두터운 **볼록렌즈**와 반대로 가운데부분이 얇은 **오목렌즈**가 있다.(그림 5-46)

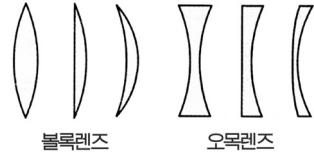



그림 5-46. 렌즈의 종류

렌즈에서 두 걸면의 구면중심을 이은 직선을 렌즈의 **빛축**이라고 부른다.(그림 5-47)

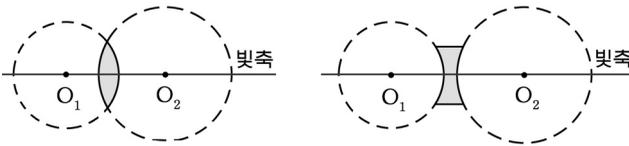



그림 5-47. 렌즈의 빛축

렌즈에서 빛선은 어떻게 굴절되는가.

실 험

○ 볼록렌즈에 해빛을 쪼이면서 비춤판을 렌즈로부터 점점 멀리하면서 영상의 크기를 본다. 비춤판에 생긴 밝은 부분이 작아지다가 어떤 자리에서는 제일 작아지고 다시 커지기 시작한다.(그림 5-48)

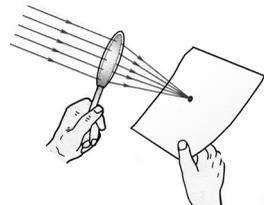



그림 5-48. 볼록렌즈에서 빛의 굴절

○ 오목렌즈로 같은 실험을 해본다. 비춤판이 렌즈로부터 멀어질수록 렌즈를 지난 빛이 비쳐지는 부분이 커지면서 그 밝기는 약해진다.

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

볼록렌즈는 빛을 한 점에 모아주며 오목렌즈는 빛을 헤쳐준다. 그러므로 볼록렌즈를 **수렴렌즈**, 오목렌즈를 **발산렌즈**라고 부른다.

❓ 왜 렌즈는 빛을 모으거나 헤쳐지게 하는가.

렌즈는 그림 5-49에서처럼 정각이 다른 수많은 프리즘들의 모임으로 볼수 있다. 프리즘에서 빛이 두터운쪽으로 기울어지고 또 정각이 클수록 더 세게 기울어진다는것을 생각하면 볼록렌즈에서는 빛을 두터운 중심쪽으로 모아주며 오목렌즈에서는 그와 반대로 빛을 헤쳐지게 한다는것을 알수 있다.

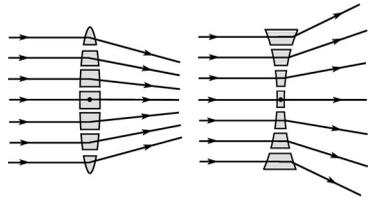



그림 5-49. 프리즘의 모임으로서의 렌즈

렌즈의 초점

볼록렌즈의 빛축에 평행인 빛을 비추었을 때 렌즈를 지난 다음 빛축우에서 모이는 점을 렌즈의 **초점**이라고 부른다.(그림 5-50)

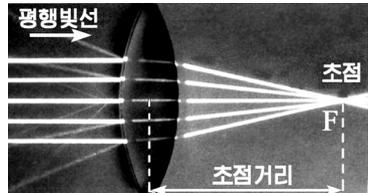



그림 5-50. 볼록렌즈의 초점

렌즈의 중심으로부터 초점까지의 거리를 렌즈의 **초점거리**라고 부른다.(그림 5-51)

오목렌즈의 초점은 빛이 실지로 모여드는 점이 아니고 렌즈를 지난 빛선들이 마치도 이 점에서 퍼져나가는것처럼 보이는 점이다.

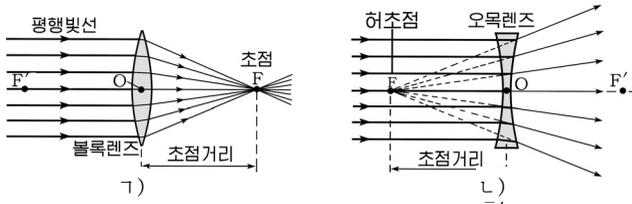



그림 5-51. 렌즈의 초점거리

그러므로 오목렌즈의 초점을 **허초점**이라고 부른다.

볼록렌즈나 오목렌즈는 다 앞뒤의 같은 거리에 초점이 있다.

빛이 들어가는쪽에 있는 초점을 **앞초점**, 빛이 나가는쪽에 있는 초점을 **뒤초점**이라고 부른다.

문 제

1. 돋보기안경알은 렌즈로 되여있다. 그런데 이 돋보기안경알이 볼록렌즈인지 아니면 오목렌즈인지 어떻게 알아볼수 있는가?
2. 두개의 볼록렌즈가 하나의 빛축우에 놓여있다. 그런데 첫째 렌즈의 뒤초점 F_1와 둘째 렌즈의 앞초점 F_2이 한 점에서 일치하였다. 여기에 빛축에 평행인 빛선이 첫번째 렌즈에 들어가면 둘째 렌즈에서 나오는 빛선은 어떻게 되겠는가?(그림 5-52)

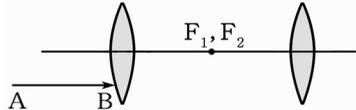



그림 5-52

3. 볼록렌즈의 앞초점에 광원을 놓았다. 여기서 나온 빛선들이 렌즈를 지난 다음 어떻게 되겠는가를 그림을 그리고 설명하여라.

제8절. 렌즈에 의한 영상

영사막에 비쳐진 화면은 환등기나 영사기에 있는 렌즈에 의하여 맺혀지는 환등필림이나 영화필림의 영상이다.

렌즈에 의한 영상은 물체의 한 점에서 나오는 빛이 렌즈를 지나 다시 사귀는 영상점들의 모임이다.

볼록렌즈에 의한 영상

볼록렌즈에 의한 영상을 그려보자.

물체의 영상점의 자리는 물체의 한 점에서 나오는 무수히 많은 빛선들중에서 다음과 같은 대표적인 세개의 빛선을 그려서 그 선들의 사귐점으로 찾는다.(그림 5-53)

첫째로, 렌즈의 빛축에 평행으로 들어가 렌즈를 지난 다음 렌즈의 뒤초점을 지나는 빛선(그림 ㄱ)

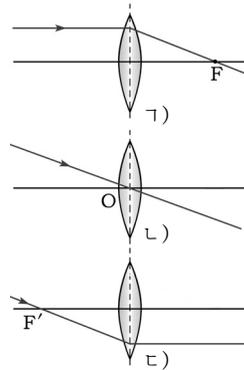



그림 5-53. 영상그리기에 쓰이는 빛선들

둘째로, 렌즈의 중심을 향하여 들어가서 방향을 바꾸지 않고 곧추 나가는 빛선(그림 ㄴ)
셋째로, 렌즈의 앞초점을 거쳐 들어가서 렌즈를 지난 다음 렌즈의 빛축에 평행으로 나가는 빛선(그림 ㄷ)

물체의 영상을 찾으려면 대표적인 세개의 빛선중에서 두 빛선만 골라서 영상점을 찾으면 된다.

그림 5-54와 같이 물체 AB가 빛축우에 수직으로 있는 경우에는 물체의 A점에서 나오는 두 빛선에 의하여 그의 영상점 A′를 찾고 A′점에서 빛축에 수직선을 긋는다. 이때 빛축과 사귀는 B′점이 물체 B점의 영상점이다.

물체가 볼록렌즈의 초점거리보다 멀리 있으면 렌즈를 지난 빛이 비춤판우에 실영상을 만든다.

물체가 초점거리의 2배보다 멀리 있는 경우 축소된 거꾸로선 영상이 초점가까이(초점밖)에 생긴다.(그림 5-54)

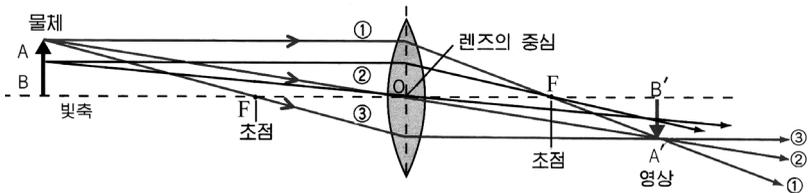



그림 5-54. 물체가 초점거리의 2배보다 바깥쪽에 있을 때 영상

물체가 초점과 초점거리의 2배사이에 있는 경우 확대된 거꾸로선 영상이 초점거리의 2배보다 멀리에 생긴다.(그림 5-55)

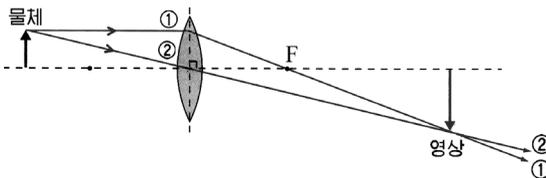



그림 5-55. 물체가 초점과 초점거리의 2배사이에 있을 때 영상

그러나 물체가 초점거리보다 가까운 거리에 있으면 렌즈를 지난 빛선이 사귀지 못하므로 허영상을 만든다.

물체가 초점에 있는 경우(그림 ㄱ)에는 영상이 맺히지 못하며 초점거리보다 가까운 거리에 있는 경우(그림 ㄴ)에는 확대된 허영

상이 물체쪽에 생긴다.(그림 5-56)

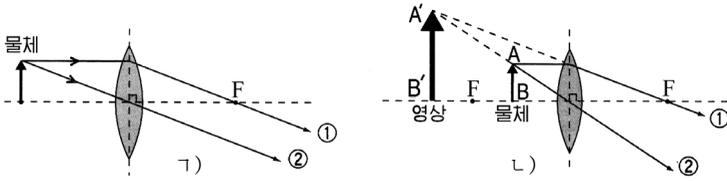



그림 5-56. 물체가 초점과 그 안쪽에 있을 때 영상

허영상은 비춤판에 맺히지 않으므로 물체와 반대쪽에서 렌즈를 들여다보면 물체쪽에 커진 영상이 보인다.

오목렌즈에 의한 영상

오목렌즈에 의한 영상도 볼록렌즈에서처럼 대표적인 세개 빛선중에서 두 빛선을 골라서 그린다.(그림 5-57)

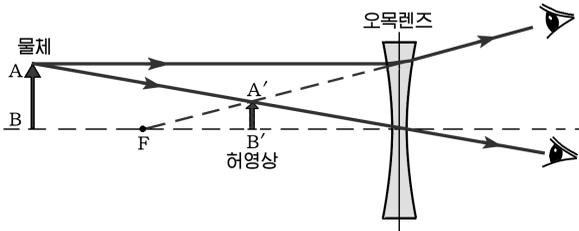



그림 5-57. 오목렌즈에 의한 영상그리기

오목렌즈는 빛을 헤쳐지게만 하므로 실영상을 맺지 못하고 허영상만을 맺는다.

오목렌즈는 바로선 축소된 허영상만을 물체쪽에 만든다.

문 제

1. 그림 5-54, 55, 56을 보고 다음표의 빈칸에 알맞는것을 써넣어라.

렌즈로부터 물체까지의 거리(a)	렌즈로부터 영상까지의 거리(b)	물체에 대한 영상의 방향	실영상 또는 허영상
$a > 2f$			
$2f > a > f$			
$a = f$			
$a < f$			

2. 그림 5-58에서 화살 AB의 영상을 그려라.

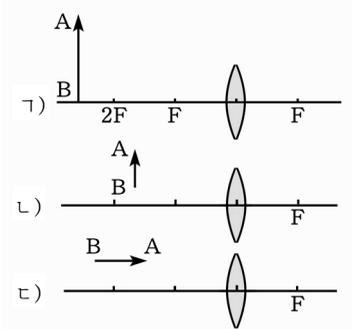



그림 5-58

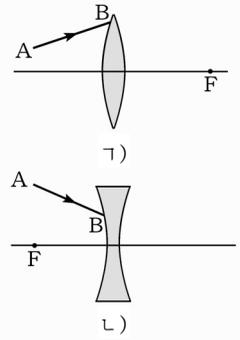



그림 5-59

풀이방향. 물체의 크기가 렌즈의 크기보다 큰 경우에는 렌즈를 더 크게 확장하고 그리면 된다. 즉 초점면을 생각하면 된다.

3. 그림 5-59에 표시된 빛선 AB가 렌즈를 지난 다음 어느 방향으로 나가겠는가?

제9절. 렌즈의 공식

렌즈의 공식

❓ 렌즈로부터 물체까지의 거리와 렌즈로부터 영상까지의 거리사이에는 어떤 관계가 있는가.

렌즈로부터 물체까지의 거리를 a, 렌즈로부터 영상까지의 거리를 b라고 하고 다음과 같은 실험을 하여보자.

실 험

○ 광학대우에 작은 전등, 초점거리가 10cm인 볼록렌즈, 비춤판을 설치한다.(그림 5-60)

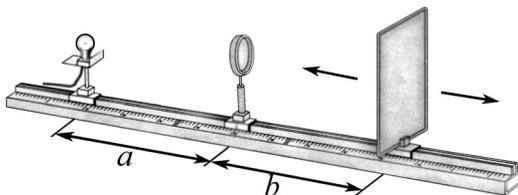



그림 5-60. 렌즈의 공식을 얻기 위한 실험

○ 렌즈로부터 물체까지의 거리 a를 12cm, 15cm, 20cm, 30cm로 되게 하면서 그때마다 비춤판을 옮겨 작은 전등의 똑똑한 영상이 맺히게 한다.

○ 매번 렌즈로부터 영상까지의 거리 b를 잰다.

실험결과를 아래의 표에 적어넣는다.

a[cm]	$\frac{1}{a}$ [cm^{-1}]	b[cm]	$\frac{1}{b}$ [cm^{-1}]	$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$ [cm^{-1}]	$\frac{1}{f}$ [cm^{-1}]
12	0.083	60	0.017	0.1	0.1
15	0.067	30	0.033	0.1	0.1
20	0.05	20	0.05	0.1	0.1
30	0.033	15	0.067	0.1	0.1

실험결과를 통하여 다음과 같은것을 알수 있다.

렌즈로부터 물체까지의 거리 a가 달라지면 렌즈로부터 영상까지의 거리 b도 달라진다. 그러나 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$은 언제나 달라지지 않고 그 값은 $\frac{1}{f}$의 값과 같으므로 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\frac{1}{\text{렌즈와 물체사이 거리}}+\frac{1}{\text{렌즈와 영상사이 거리}}=\frac{1}{\text{초점거리}}$$

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

이것을 **렌즈의 공식**이라고 부른다.

이 공식은 볼록렌즈를 가지고 진행한 실험에 의하여 얻었지만 오목렌즈의 경우에도 쓸수 있다. 볼록렌즈의 초점거리를 +로, 오목렌즈의 초점거리를 -로 쓴다. 이 공식을 리용해서 b를 계산한 값이 +이면 이때 생기는 영상은 실영상이고 -이면 허영상이다.

영상의 배률

렌즈에 의하여 생긴 영상의 크기가 물체의 크기에 비하여 몇배나 커졌는가를 나타내기 위하여 배률이라는 말을 쓴다.

즉 물체의 크기를 영상의 크기로 나눈 값을 **영상의 배률** 또는 **선배률**이라고 부른다.

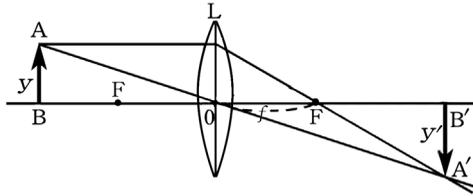



그림 5-61. 영상의 배률

그림 5-61에서 물체 AB의 크기를 y, 영상 A′B′의 크기를 y'라고 하면 선배률 N은

$$\text{배률} = \frac{\text{영상의 크기}}{\text{물체의 크기}}$$

$$N = \frac{y'}{y}$$

문 제

1. 초점거리가 8cm인 볼록렌즈로부터 12cm 되는 자리에 높이가 10cm인 물체를 빛축에 수직되게 세워놓았다. 영상은 어느 자리에 생기며 얼마만한 크기를 가진 어떤 영상(실영상, 허영상)이겠는가? 렌즈공식과 영상그리기방법으로 풀어보아라.
2. 우의 문제에서 볼록렌즈를 오목렌즈로 바꾸어놓고 풀어보아라.
3. f=10cm인 볼록렌즈로부터 6cm 앞에 있는 물체의 영상을 그리고 영상의 자리를 구하여라. 물체의 크기는 임의로 정하여라.
4. 우의 문제에서 볼록렌즈를 오목렌즈로 바꾸어놓고 풀어보아라.

제10절. 눈과 안경

눈의 구조와 조절작용

사람에게 있어서 눈은 매우 중요하다.

사람은 눈으로 우리 주위에서 일어나는 모든 현상들을 보고 느끼며 활동을 진행한다.

? 눈은 어떤 구조로 되여있는가.

그림 5-62에서 보는것처럼 눈의 구조는 크게 렌즈와 같은 역할을 하는 **수정체**, **각막**을 거쳐 들어온 물체의 영상이 맺히는 **망막**, 수정체의 모양을 변화시키는 **모양근**, 눈에 들어오는 빛량을 조절하는 **검은자위**로 되여있고 망막뒤에는 **보는신경**이 있으며 보는신경은 뇌수와 련결되여있다. 망막에 떨어진 영상을 나타내는 빛은 빛수감요소를 자극하고 그것이 보는신경을 거쳐 뇌수에 전달되여 분석하고 판단하는 과정이 곧 보는 과정이다.

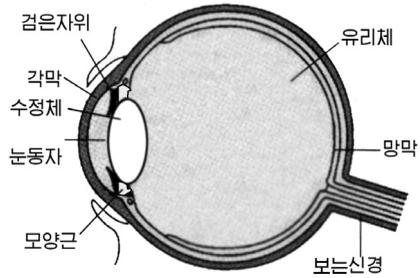



그림 5-62. 눈의 구조

물체로부터 반사되여온 빛은 **눈동자**로 들어와 수정체에 의하여 모이면서 망막우에 거꾸로 된 물체의 실영상을 맺는다.

물체를 똑똑히 보려면 망막에 명확한 영상이 맺혀야 한다.

❓ 눈은 어떻게 조절작용을 하는가.

눈의 조절작용에서 가장 중요한것은 수정체와 모양근이다.

멀고 가까운 거리에 있는 물체들의 영상이 망막에 명확히 맺히게 하려면 모양근의 작용에 의하여 수정체의 초점거리를 변화시켜야 한다. 즉 모양근은 물체가 멀리있는가 가까이 있는가에 따라서 수정체를 얇게 또는 두텁게 변화시켜 물체의 명확한 영상이 망막에 맺히게 한다.(그림 5-63)

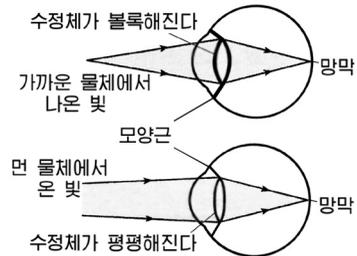



그림 5-63. 모양근은 수정체의 초점거리를 조절한다

이러한 눈의 조절작용에는 한계가 있다.

수정체가 최대로 볼록해지면서 명확히 볼수 있는 가장 가까운 점을 눈의 **근점**이라고 부른다.(그림 5-64의 ㄱ) 흔히 눈의 근점은 눈으로부터 10cm 되는 자리에 있다.

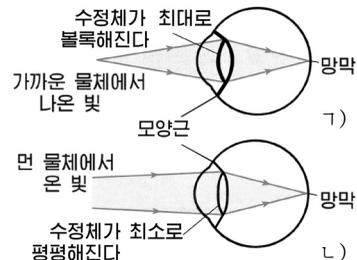



그림 5-64. 근점과 원점

또한 수정체가 최소로 얇은 모양으로 되여 명확하게 보이는 가장 먼 점을 **원점**이라고 부른다.

정상인 눈의 원점은 무한히 먼곳에 있다.(그림 5-64의 ㄴ)

정상적인 눈은 눈으로부터 25cm에 있는 물체를 볼 때 피곤을 느끼지 않고 명확히 볼수 있는데 이 거리를 **잘보임거리**라고 부른다.

사람의 눈은 망막에 맺힌 영상이 사라진 다음에도 약 0.1s동안 물체가 있는것처럼 느껴진다. 이런 현상을 **잔상**이라고 부른다. 그러므로 0.1s보다 더 짧은 시간동안에 생기는 변화는 가려보지 못한다.

? 우리 눈에 물체가 크게 또는 작게 보이게 되는것은 무엇때문인가.

우리 눈에 물체가 얼마나 크게 또는 작게 보이는가 하는것은 망막에 맺힌 영상의 크기에 관계된다. 이 영상의 크기는 물체의 두 끝점에서 눈의 중심으로 오는 빛선사이각에 의하여 결정된다. 이 각을 **시각**이라고 부른다.(그림 5-65)

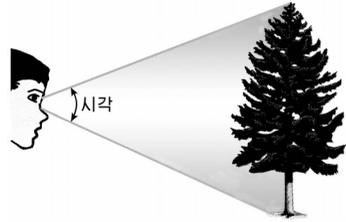



그림 5-65. 시각

물체가 크거나 가까이 있으면 시각이 커서 물체는 크게 보이고(그림 5-66의 ㄱ, ㄷ) 물체가 작거나 멀리 있으면 시각이 작아서 물체는 작게 보인다.(그림 5-66의 ㄴ, ㄹ)

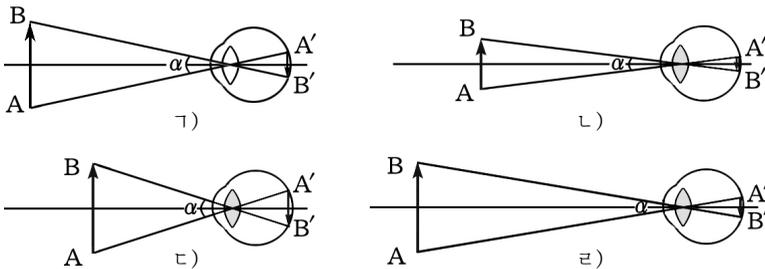



그림 5-66. 시각에 따라 망막에 맺히는 영상의 크기가 다르다

근시와 원시

눈에는 조절작용이 잘되지 않는 눈도 있다.

어떤 사람의 눈은 가까이에 있는 물체는 잘 보지만 멀리 있는 물체는 잘 보지 못한다. 이러한 눈을 **근시**라고 부른다.(그림 5-67의 ㄱ)

근시는 정상눈보다 먼곳에 있는 물체의 영상이 망막앞에 맺히므로 오목렌즈로 만든 안경을 쓰면 된다.(그림 5-67의 ㄴ)

그림 5-67. 근시와 근시안경

어떤 사람(대체로 나이 많은 사람)의 눈은 멀리는 보지만 가까이에 있는것은 잘보지 못한다. 이러한 눈을 **원시**라고 부른다.(그림 5-68의 ㄱ)

원시는 정상눈보다 가까운 물체의 영상이 망막뒤에 맺히므로 볼록렌즈로 만든 안경을 쓰면 된다.(그림 5-68의 ㄴ)

근시는 청소년시절에 눈을 보호하는 일을 잘하지 못하면 생긴다. 그러므로 이 시절에 근시를 막기 위하여 주의하여야 한다.

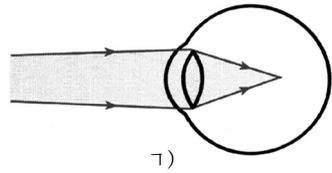
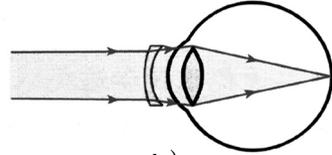
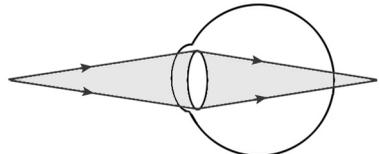
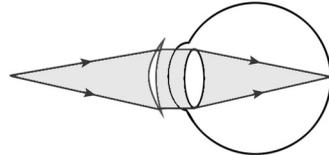



그림 5-68. 원시와 원시안경

문 제

1. 눈이 정상인 사람은 안경을 끼면 오히려 잘 보이지 않는다. 그 리유를 설명하여라.
2. 밝은데 있다가 갑자기 어두운 방에 들어가면 한참만에야 주위에 있는 물체들을 가려볼수 있다. 그 리유를 설명하여라.
3. 볼록렌즈로 만든 안경(돋보기)을 끼고 책을 읽던 할아버지가 멀리 볼 때에는 안경너머로 보군 한다. 그 리유를 설명하여라.

로 안

사람이 늙어서 눈의 조절작용이 약해진 눈을 **로안**이라고 부른다.

로안은 멀리 있는 물체는 제대로 보지만 가까운 물체는 잘 보지 못한다. 그러므로 가까운 물체를 볼 때에는 볼록렌즈로 된 돋보기안경을 낀다.

돋보기안경을 끼면 가까운데는 잘 보지만 먼데는 잘 보지 못한다. 그러므로 나이가 많은 사람들은 책을 읽거나 글을 쓸 때에는 돋보기안경을 끼지만 먼데를 볼 때는 안경을 벗고 맨눈으로 본다.

제11절. 사진기와 투영기

사 진 기

사진기는 볼록렌즈로 멀리에 있는 물체의 축소된 실영상을 필림에 기록하는 기구이다.(그림 5-69)

그림 5-69. 사진기

사진기는 크게 두 부분으로 갈라볼수 있다. 그중 하나는 물체의 영상을 필림에 명확히 맺히게 하는 광학장치부분이고 다른 하나는 필림에 맺힌 영상이 사진으로 찍히게 하는 기계장치부분이다.

? 사진기에서 사람이나 물체의 영상이 어떻게 필림에 정확히 맺히는가.

이것을 실험으로 알아보자.

실 험

○ 그림 5-70과 같이 앞뒤면이 없고 크기가 다른 두개의 직6면체통을 만든다.
  그중 하나(작은 통)는 다른 통(큰 통)속으로 나들수 있게 한다.

그림 5-70. 사진기모형

○ 겉통의 앞면에는 볼록렌즈를 고정하고 속통(작은 통)의

앞면에는 흐린 유리나 사도지를 붙여서 비춤판이 되게 한다.

○ 서로 다른 거리에 있는 물체의 영상이 비춤판에 명확히 맺히도록 속통을 앞뒤로 움직이면서 영상을 관찰한다.

실험을 통하여 다음과 같은것을 알수 있다.

사진기로부터 물체까지의 거리가 멀수록 비춤판을 렌즈의 초점가까이로, 물체까지의 거리가 가까울수록 비춤판을 렌즈의 초점으로부터 멀리 놓아야 명확한 영상을 얻는다.

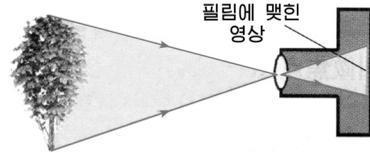
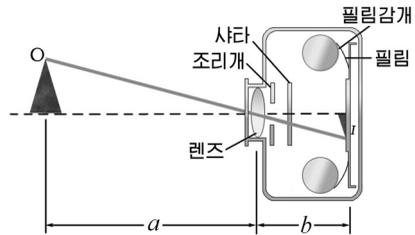



그림 5-71. 사진기의 필림면에는 축소된 실영상이 맺힌다

비춤판에 맺힌 영상은 축소된 거꾸로 선 실영상이다.(그림 5-71)

그림 5-72. 사진기의 원리

실제 사진기에서는 비춤판에 필림면을 고정시키고 렌즈를 앞뒤로 나들게 하면서 필림면에 명확한 영상이 맺히게 한다.(그림 5-72)

필림에 영상이 명확히 찍히도록 하자면 어떻게 하여야 하는가.

필림에 영상이 정확히 맺히도록 잘 조절한 다음 적당한 량의 빛을 쪼여주어야 한다.

사진기에는 빛쪼임시간을 조절하는 빛여닫개(샤타)와 렌즈로부터 필림에 일정한 빛량이 들어가도록 구멍의 직경을 변화시키는 조리개가 있는데 이런 장치들을 잘 조절하면 질좋은 사진을 얻을수 있다.

현재 물체의 영상을 수자신호로 변환하여 기록해두었다가 되살려 쓸수 있는 수자식사진기가 개발되여 널리 리용되고있다.

투영기

투영기는 필림에 찍힌 물체의 영상을 크게 하여 비춤판에 비쳐주는 기구이다.

투영기에는 여러가지 종류가 있으나 원리와 구조는 비슷하다.

그림 5-73에 흔히 쓰이는 **필림환등기**를 보여주었다.

필림을 투영렌즈의 초점가까이에 놓고 확대된 실영상을 멀리 있는 비춤판에 받아서 본다.

그림 5-73. 환등기의 구조

비춤판에서 확대된 실영상을 밝게 보기 위하여 필림을 밝게 비쳐주어야 한다. 그러기 위하여 높은 촉수의 전등, 오목반사경, 집광렌즈를 쓴다.

교육용투영기는 구조가 필림환등기와 비슷하다. 다른 점은 조명장치에서 집광렌즈가 평판렌즈인것이다.

그림 5-74. 교육용투영기의 구조

교육용투영기에 쓰이는 필림은 크기때문에 그와 맞먹는 평판으로 된 넓은 렌즈를 쓴다.

평면거울을 써서 우로 올라오는 빛을 90° 꺾어서 비춤판에 비쳐준다.(그림 5-74)

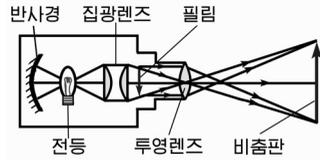
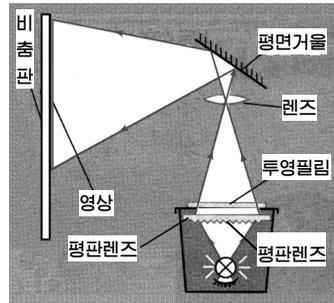
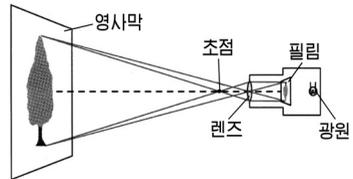
영사기도 구조가 필림환등기와 같다.(그림 5-75)

그림 5-75. 영사기의 구조

영사기에는 필림을 움직이면서 빛을 같은 시간간격으로 막았다열었다하는 빛여닫개가 있다.

빛여닫개가 빛을 막는 순간에 화면이 바뀌고 열어놓는 순간에는 필림이 멎어있어 영사막에 영상이 나타난다.

1s동안에 24개의 화면이 바뀌도록 필림을 움직이면 눈의 잔상현상에 의하여 련속적으로 움직이는 화면으로 보게 된다.

영사기에는 이밖에도 소리를 내는 장치가 더 있다.

문 제

1. 환등기나 영사기에서는 왜 비추려는 필림을 거꾸로 끼우는가?
2. 사진기와 투영기의 광학적구조와 작용에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 사진기와 눈의 광학적구조에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

제12절. 빛의 색갈

빛의 색갈

빛이 없는 캄캄한 방안에 놓여있는 물체는 어떤 색갈을 띠고 있는지 알수 없지만 빛을 비쳐주면 그 색갈을 알수 있다.

❓ 비가 온 후에 하늘에 비낀 무지개는 왜 여러가지 아름다운 색갈을 띠는가.

이것을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 하여보자.

그림 5-76. 흰빛이 여러가지 색갈로 갈라진다

실 험

○ 해빛이나 밝은 전등빛을 프리즘을 지나 흰 비춤판에 비쳐준다. 비춤판에는 붉은색, 감색, 누런색, 풀색, 푸른색, 남색, 보라색을 띤 색띠가 나타난다.(그림 5-76)

○ 여기에 그림 5-77과 같이 다른 프리즘을 반대방향으로 놓으면 색띠가 어떻게 되는가를 알아본다. 여러가지 색을 띤 색띠가 두번째 프리즘을 지나면 다시 흰빛으로 된다.

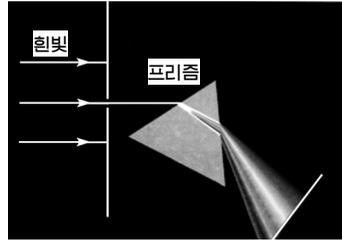
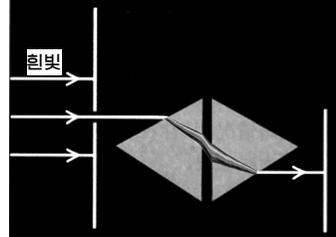



그림 5-77. 여러가지 색갈의 빛이 흰빛으로 된다

실험으로부터 무엇을 알수 있는가.

해빛이나 전등빛과 같은 흰빛은 여러가지 색갈을 가진 빛들이 혼합된 빛이라는것을 알수 있다.

영국의 물리학자 뉴톤은 1666년 어느날 어두운 방에서 창가림막에 난 작은 구멍으로 새여드는 해빛줄기를 프리즘에 받아보았다. 그러자 맞은편 벽에 무지개색을 띤 고운 색띠가 나타났다. 뉴톤은 그것을 《환상적인것》이라는 뜻에서 스펙트르라고 불렀다.

빛이 여러가지 색갈로 갈라져 생긴 색띠를 **빛스펙트르**라고 부르며 빛스펙트르를 이루는 매개 색갈의 빛을 **단색빛**이라고 부른다.

빛의 3원색

우의 실험을 통하여 태양빛이나 전등빛은 여러가지 색갈을 가진 단색빛으로 가를수 있고 그것을 합성하면 다시 흰빛으로 만들수 있다는것을 알수 있다.

❓ 여러가지 색갈을 가진 단색빛을 합성하면 어떤 색갈의 빛이 되겠는가.

붉은색, 풀색, 남색빛을 합성하면 흰색빛이 된다. 이 세가지 색갈의 빛을 **빛의 3원색**이라고 부른다.(그림 5-78)

이 그림은 여러가지 색갈의 빛을 섞으면 그에 해당한 합성된 색빛이 얻어진다는것을 보여준다. 붉은색빛과 풀색빛이 고루 섞이면 누런색빛이, 붉은색빛과 남색빛이 고루 섞이면 분홍색빛이, 풀색빛과 남색빛이 고루 섞이면 푸른색빛이 얻어진다.

그림 5-78. 3원색빛의 합성

빛의 3원색가운데서 두가지 또는 세가지 색빛을 적당한 비률로 섞으면 임의의 색빛을 얻을수 있다.

천연색TV화면은 3원색빛을 합성하여 색화면이 나오게 하였다.

천연색TV화면을 확대경으로 들여다보면 3원색을 내는 작은 구역들을 볼수 있다.(그림 5-79)

그림 5-79. 천연색TV화면을 확대경으로 본 3원색구역

그러나 보통 사람의 눈으로는 이 구역들을 따로따로 갈라보지 못하고 몇개 구역에서 나오는 빛을 합쳐서 보게 된다. 매 구역들이 서로 다른 세기로 빛을 내면 사람의 눈은 여러가지 색으로 느끼게 된다.

3원색빛이 모두 고르롭게 눈에 들어오면 흰색으로 느끼고 흰색빛이 약해지면 검은색으로 느낀다.

여러가지 색갈의 빛을 합성하는 방법으로 극장무대의 조명도 화려하게 장식한다.

문 제

1. 단색빛(실례로 붉은색빛)을 프리즘에 비추면 비춤판에 색띠가 나타나겠는가?
2. 다음 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

   □빛과 □빛을 합치면 누런색빛이 얻어진다. 여기에 푸른색빛과 □빛을 합치면 □색빛이 얻어진다.

제13절. 물체의 색갈

물체가 가지는 색갈

물체에 빛을 비추면 물체에 따라서 붉은색을 띠기도 하고 푸른색을 띠기도 한다.

❓ 꼭같은 흰빛을 비추는데 왜 어떤 물체는 붉은색을 띠고 또 다른 물체는 푸른색을 띠겠는가.

물체의 색갈을 가려볼수 있는것은 물체에서 나온 빛이 눈에 들어오기때문이다. 광원이 아닌 물체는 스스로 빛을 내지 못하고 빛을 받아서 그것을 반사시킨다.(그림 5-80)

그림 5-80. 광원에서 나오는 빛과 반사되여오는 빛에 의한 물체의 색갈

꼭같이 흰빛을 비추는데 한 물체는 붉은색을, 다른 물체는 푸른색을 띠게 되는것은 그 물체에 비쳐진 빛의 여러가지 색갈중에서 일부는 반사되거나 통과되고 일부는 흡수되기때문이다.(그림 5-81)

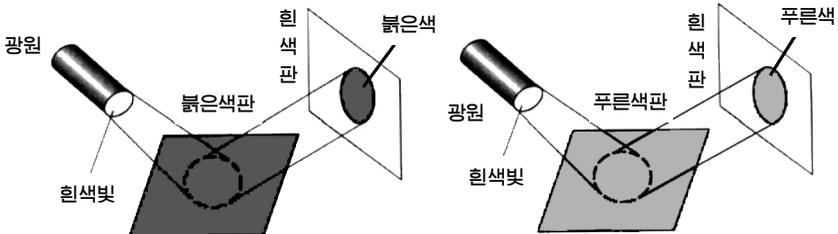



그림 5-81. 색빛의 반사와 흡수

례를 들어 어떤 물체가 붉은색갈을 가지고있다면 그 물체는 흰빛을 받아서 붉은색빛만 반사하고 나머지색갈의 빛은 전부 흡수한다.

물체마다 흰빛을 받을 때 단색빛을 흡수하고 반사하는 정도가 다르기때문에 물체의 색갈이 달라진다.

투명체와 불투명체의 색갈

투명체는 빛을 잘 통과시키는 물질이고 불투명체는 빛을 전혀 통과시키지 않는 물질이다.

? 그러면 투명체와 불투명체는 어떤 색갈을 띠는가.

실험

○ 그림 5-82와 같이 프리즘과 비춤판사이에 붉은색유리(투명체)를 놓으면 비춤판의 스펙트르에서 다른 색갈은 다 없어지고 붉은색갈만 남는다. 붉은색유리대신 풀색유리를 놓으면 풀색만 남는다.

○ 그림 5-83과 같이 흰 비춤판에 불투명한 붉은색종이를 붙이면 비춤판의 스펙트르에서 붉은색갈의 띠만 밝다. 여기에 푸른색종이를 붙이면 푸른색띠만 밝다.

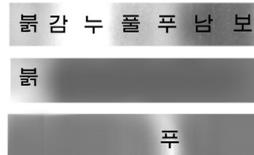
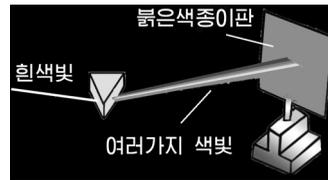
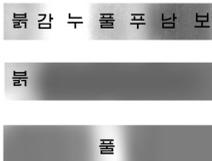
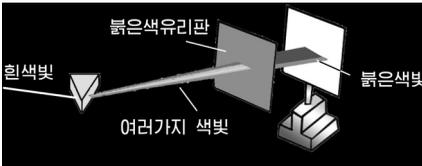



그림 5-82. 투명체의 색갈 알아보기

그림 5-83. 불투명체의 색갈 알아보기

이 실험으로부터 붉은색유리는 붉은색빛만, 풀색유리는 풀색빛만 통과시키고 다른 색갈의 빛들은 다 흡수한다는것을 알수 있다.

또한 이 실험으로부터 불투명한 붉은색종이는 주로 붉은색갈의 빛만을, 푸른색종이는 주로 푸른색빛만을 반사하고 다른 색빛

들은 흡수한다는것을 알수 있다.

그러므로 투명체의 색갈은 그것이 통과시키는 색빛에 의하여 결정되며 불투명체의 색갈은 그것이 반사하는 색빛에 의하여 결정된다.

맑은 유리나 맑은 물은 여러가지 색갈의 빛들을 거의다 통과시킨다. 이런 물체를 **무색투명체**라고 부른다.

그러나 붉은색유리나 풀색유리는 붉은색이나 풀색빛만 통과시킨다. 이런 물체를 **색투명체**(**붉은색투명체**, **풀색투명체**)라고 부른다.

여러가지 색빛들을 거의 다 고르롭게 반사하면 그 물체는 흰색으로 보이고 거의 다 고르롭게 흡수하면 그 물체는 검게 보인다.
물체의 색갈은 또한 광원이 내는 색갈의 빛에 따라서도 달라진다.

례를 들어 흰 종이는 해빛이나 밝은 전등빛에서 보면 희게 보이지만 붉은색전등빛에서 보면 붉게 보인다.

색감의 3원색

색감에도 원색이 있다.

색감의 여러가지 색갈은 원색들을 여러가지 비률로 섞어서 만든다.

붉은색감, 누런색감, 푸른색감을 **색감의 3원색**이라고 부른다.(그림 5-84)

3원색 색감가운데서 어느 두 색감을 섞으면 사이색이 얻어진다. 례를 들어 누런색감과 푸른색감을 같은 비률로 섞으면 풀색물감이 얻어진다.

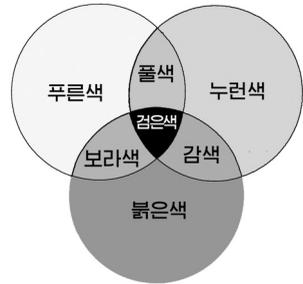



그림 5-84. 색감의 3원색

문 제

1. 프리즘으로 흰종이우에 흰색빛의 스펙트르를 얻었다. 흰종이대신 검은 종이나 풀색종이를 놓으면 그 스펙트르가 어떻게 보이겠는가?
2. 해빛에서 푸른색으로 보이는 색종이와 감색으로 보이는 색종이가 있다. 이것을 붉은색등밑에서 보면 어떤 색으로 보이겠는가?
3. 밤에 초불밑에서는 흰색과 누른색을 갈라보기 어렵다. 왜 그런가?
4. 풀색유리로 된 색안경을 끼고 낮에 물체를 보면 물체가 어떻게 보이겠는가?

[복습문제]

1. 나무의 높이를 알아내기 위하여 그림자를 리용하였다. 1.5m의 막대기를 세웠더니 길이가 2m인 그림자가 생겼다. 나무그림자의 길이가 16m일 때 나무의 높이는 얼마인가?

(답. 12m)

2. 거울을 10°만큼 돌리면 반사빛선의 방향은 몇°만큼 변하겠는가?

(답. 20°)

3. 해빛이 땅겉면에 대하여 30°의 각을 이루고 비추고있다. 거울 하나를 써서 해빛을 우물속으로 들이비추려면 거울을 어떻게 놓아야 하는가?

(답. 땅겉면에 대하여 60°)

4. 평면거울로 자기 모습을 보다가 거울을 50cm만큼 멀리 가져가면 자기의 영상은 어느쪽으로 얼마나 옮겨가겠는가?

(답. 거울뒤쪽으로 100cm만큼 옮겨간다.)

5. 광원이 오목거울의 초점에 있을 때 오목거울에서 반사된 빛은 평행으로 나간다. 이 말의 물리적의미가 옳은가를 따져보고 그 리유를 밝혀라.

6. 다음의 글에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

   ㄱ) 오목거울에서 □선 영상을 □가까이에서 얻으려면 □를 거울로부터 □에 놓아야 한다.

   ㄴ) 오목거울로부터 □지면서 □로선 영상을 얻으려면 물체를 □보다 가까이 놓아야 한다.

   ㄷ) □선 허영상을 오목거울 뒤쪽에서 얻으려면 물체를 초점 □쪽에 놓아야 한다.

7. 맑은 물속의 밑바닥에 있는 돌은 떠올라와보이며 물깊이는 얕아보인다. 그 리유를 설명하여라.

8. 만일 물속에 들어가 물밖에 있는 물체를 본다면 물체가 실제보다 더 높이 있는것처럼 보인다. 왜 그렇겠는가?

9. 밤에 작살과 전지를 가지고 강물속의 물고기를 잡는다. 작살로 전기불에 비친 물고기를 내리쳤는데 물고기를 한마리도 잡지

못하였다. 왜 그렇겠는가?

10. 해빛이 볼록렌즈를 지난 다음 다시 오목렌즈를 지난다면 어떻게 되겠는가?

    풀이방향. 볼록렌즈와 오목렌즈의 초점거리가 같다고 보고 그림을 그려보아라.

11. 할아버지들이 쓰고있는 돋보기안경 두개가 있다. 그가운데서 어느것의 초점거리가 더 긴지 알아보려면 어떻게 하여야 하는가?

12. 물이나 얼음을 리용하여 불을 얻을수 있겠는가? 어떻게 하면 되겠는가?

13. 왜 렌즈를 지난 빛은 곧추 가지 못하고 방향을 바꾸는가?

14. 물체의 큰 실영상을 얻으려면 렌즈를 어떻게 설치하여야 하는가? 실지 그림을 그려보아라.

15. 확대된 허영상을 얻으려면 어떤 렌즈를 어디에 놓아야 하는가? 그림을 그려보아라.

16. 초점거리가 10cm인 볼록렌즈로부터 16cm 되는 곳에서 크기가 10cm인 영상을 얻으려면 물체를 어느 자리에 놓아야 하는가? 이때 영상의 크기가 물체의 크기의 몇배로 되는가? 1/5로 줄여 그림을 그려 풀어보아라.

    (답. 약 26.5cm, 약 0.6배)

17. 어떤 렌즈로부터 15cm 되는 곳에 물체를 놓았더니 렌즈로부터 30cm 되는 곳에 영상이 나타났다. 이 렌즈의 초점거리를 구하여라.

    (답. 10cm)

18. 사람이 눈으로 물체를 가려보는 리치를 설명하여라.

19. 어두운 곳에 있다가 밝은 곳에 나오면 눈이 부셔 눈을 가늘게 뜬다. 왜 그런가?

20. 근시인 사람은 물체를 잘 보기 위해 눈을 가늘게 쪼프린다. 왜 그런가?

21. 사진기는 볼록렌즈에 의하여 생기는 물체의 영상을 필림에 맺는 기구이다. 왜 필림에 찍힌 사진이 실지 물체보다 작아지는가?

22. 영화화면에서 꽃망울이 서서히 벌어지면서 꽃이 활짝 피는 장면들을 볼수 있다. 어떻게 하면 되겠는가?

23. 사진기에 쓰는 필림은 크기가 정해져있다. 사진을 찍을 때 필림에 사람의 얼굴이 크게 나타나게 하거나 온몸이 다 나타나게 하자면 가까이에서 찍어야 하는가 아니면 멀리에서 찍어야 하는가?
24. 천연색TV수상기안에는 붉은색, 남색, 풀색빛을 내는 물질들이 발라져있다. 이 세가지 물질이 어떻게 되여 여러가지 색의 그림을 나타내겠는가? 실례를 들어 설명하여라.
25. 해빛을 3각프리즘을 통하여 보면 아름다운 여러가지 색빛으로 갈라진다. 왜 그렇게 되는가를 설명해보아라.
26. 물체가 색을 띠게 되는 리치를 설명하여라.
27. 투명하거나 여러가지 색을 가진 물체를 가루로 만들면 희게 보인다. 왜 그런가?
28. 천연색영화를 흰천으로 만든 영사막이 아니라 풀색천으로 만든 영사막우에 비치면 어떻게 보이겠는가? 영사막은 흰천으로 만드는데 왜 영화관의 창가림막은 검은색천으로 만드는가?
29. 여러가지 색갈을 칠한 원판을 돌리면 희게 보이는데 여러가지 색갈의 물감을 섞으면 검게 보인다. 무엇때문인가?
30. 붉은색수채화색감과 푸른색수채화색감을 섞으면 보라색을 띤다. 그 리유를 설명해보아라.

제6장. 에네르기

나무에 못을 박을 때에는 망치가 리용되며 공장에서 철판을 펴는데는 함마들이 리용된다.

수력발전소에서는 강물의 물높이차를 리용하여 전기를 생산하고있으며 화력발전소에서는 석탄이나 연유를 리용하여 전기를 생산하고있다.

생산된 전기에 의해서 무궤도전차와 궤도전차, 전기기관차가 달리고있으며 공장의 기계들이 움직이고있다.

이 장에서는 에네르기란 무엇이고 에네르기가 어떻게 전환되며 우리 생활과 기술에서 어떻게 리용되는가에 대하여 배우게 된다.

제1절. 에네르기란 무엇인가

에네르기

우리들은 일상생활에서 일과 함께 에네르기라는 말을 흔히 쓴다.

물체는 어떤 때 에네르기를 가지고있다고 하는가.

물체가 어떤 때 일하며 물체가 일하면 무엇이 변하는가를 알아보자.

실 험

○ 그림 6-1과 같이 철구를 굴려주어 나무토막에 부딪치게 한다. 이때 철구는 나무토막을 밀고나가는 일을 하면서 속도가 줄어들다가 멎는다.

그림 6-1. 철구는 나무토막을 밀고나가는 일을 한다

○ 그림 6-2와 같이 도르래에 걸쳐놓은 끈의 한끝을 책상우에 있는 나무토막에 련결하고 다른 끝에는 추를 매달아놓는다. 이때 추는 아래로 내려가면서 나무토막을 끌고

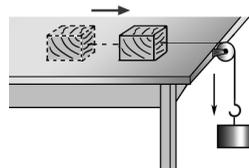



그림 6-2. 높은 곳에 있는 물체는 내려오면서 일을 할수 있다

가는 일을 한다.

○ 그림 6-3과 같이 한끝을 고정한 용수철의 다른 끝에 나무토막을 매여놓는다. 나무토막을 당겨 용수철을 늘구었다가 놓아주면 용수철이 본래의 모양으로 되돌아가면서 나무토막을 끄는 일을 한다.

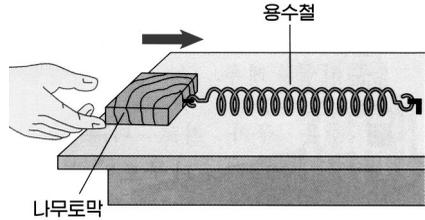



그림 6-3. 변형된 물체는 본래모양으로 되돌아오면서 일을 할수 있다

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

운동하는 물체는 속도가 줄어들면서, 높은 곳에 있는 물체는 낮은 곳으로 내려오면서, 변형된 물체는 본래모양으로 되돌아가면서 일을 할수 있다는것을 알수 있다.

운동하는 물체는 멎을 때까지 일을 하며 높은 곳에 있는 물체는 바닥에 닿을 때까지 일을 한다. 마찬가지로 변형된 용수철도 본래상태로 되돌아갈 때까지 일을 한다.

이와 같이 일하는 물체들을 자세히 살펴보면 높은 자리에 있거나 변형된 상태, 어떤 속도로 운동하는 상태에 있다.

이런 상태에 있는 물체들은 다 일할수 있는 능력을 가지고있다.

물체가 가지고있는 일할수 있는 능력을 **에네르기**라고 부른다.

일할수 있는 물체는 에네르기를 가지고있다고 말한다.

물체가 일할 때 그의 속도, 높이, 변형의 크기와 같은 량들이 변한다.

일과 에네르기사이의 관계

❓ 물체가 수행하는 일의 크기는 무엇에 관계되는가.

물체가 빨리 운동할수록, 또 물체가 더 높은 곳에 있을수록, 물체(용수철)의 변형이 클수록 물체가 수행할수 있는 일의 크기가 크며 물체는 큰 에네르기를 가진다.

그렇다고 하여 에네르기가 곧 일은 아니다.

물체가 에네르기를 가지고있어도 그것을 쓰지 않으면 일이 수행되지 않는다.

❓ 물체가 가지는 에네르기는 어떻게 마련되는가.

그것은 밖에서 물체에 일을 해주었기때문에 가지게 된다.

즉 우의 경우에 물체가 운동하도록 하는데 일을 하였으며 또 물체를 높은 곳에 들어올리는데 일을 하였으며 용수철을 잡아늘구는데 일을 해주었다.

이와 같이 일과 에네르기는 밀접히 련관되여있다.

물체가 수행할수 있는 일은 물체가 가지는 에네르기가 클수록 크며 물체가 에네르기를 가지는것은 밖에서 물체에 일을 하여주었기때문이다.

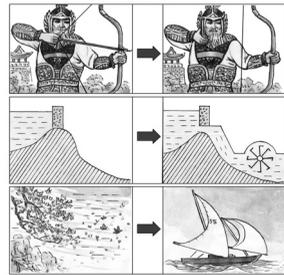
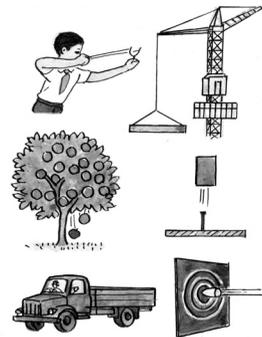
물체가 한 일의 크기로써 그 물체가 가지고있는 에네르기의 크기를 알수 있다.

에네르기의 측정단위는 일의 측정단위와 같이 1J 또는 1kJ을 쓴다.

문 제

그림 6-4

그림 6-5

1. 그림 6-4에서 어떤 물체가 어떤 상태에 있을 때 에네르기를 가지며 어떤 상태로 넘어가면서 어떤 일을 하는가를 설명하여라.
2. 다음의 경우에 무엇이 에네르기를 가지고있기때문에 일을 하는가?(그림 6-5)
   ㄱ) 고무총에서 작은 돌이 날아간다.
   ㄴ) 사과나무에서 사과가 떨어진다.
   ㄷ) 자동차가 달린다.
   ㄹ) 기중기가 물건을 들어올린다.
   ㅁ) 철덩이가 떨어지면서 나무에 못을 박는다.
   ㅂ) 총알이 목표물에 박힌다.
3. 한 물체는 100J의 일을 할수 있고 다른 물체는 200J의 일을 할수 있다. 어느 물체가 더 큰 에네르기를 가지고 있는가?
4. 100J의 에네르기를 가지고 운동하던 썰매는 마찰력을 이기면서 눈판우로 얼마나 가다가 멎겠는가? 마찰력은 5N이다.

제2절. 중력을 받는 물체의 자리에네르기

중력의 자리에네르기란 무엇인가

높은 곳에 있는 물이나 물체가 일을 수행할수 있는가.

높은 곳에 있는 저수지의 물은 아래로 흐를 때 흐름속도가 빨라지면서 이것으로 수차를 돌려 전기를 일으키는 일을 한다.(그림 6-6)

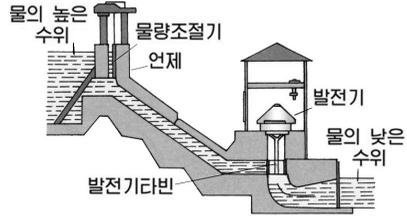



그림 6-6. 전기를 일으키는 물

들어올린 철덩이는 중력에 의하여 내려오면서 말뚝을 박는 일을 한다.(그림 6-7)

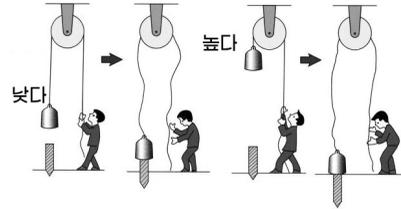



그림 6-7. 말뚝을 박는 철덩이

이처럼 어떤 높이에 있는 물체는 중력을 받아 자리가 낮아지면서 일을 할수 있다. 즉 높은 자리에 있는 물체도 에네르기를 가진다.

물체가 높은 곳에 있기때문에 가지는 에네르기를 중력의 **자리에네르기** 또는 **중력의 포텐샬에네르기**라고 부른다.

중력의 자리에네르기는 무엇에 의하여 결정되는가

같은 높이에서 가벼운 철덩이를 떨굴 때보다 무거운 철덩이를 떨굴 때 말뚝은 더 깊이 박히여 더 큰 일을 한다.(그림 6-8의 ㄱ)

질량이 같은 두 철덩이를 서로 다른 높이에서 떨굴 때 높은 곳에서 떨어뜨린 철덩이가 역시 말뚝을 더 깊이 박으므로 더 큰 일을 한다.(그림 6-8의 ㄴ)

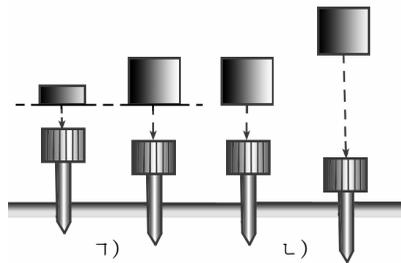



그림 6-8. 질량이 클수록, 높이가 높을수록 자리에네르기는 크다

❓ 철덩이가 수행한 일의 크기가 무엇과 같은가.

그림 6-9와 같은 장치를 만들어놓고 이것을 리용하여 물체 A가 내려오면서 책상우의 물체 B를 끄는 일이 무엇에 관계되는가를 실험으로 알아보자.

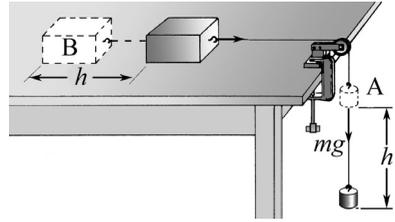



그림 6-9. 중력의 자리에네르기실험

실 험

○ 먼저 물체 B를 도르래로부터 왼쪽으로 당겨 물체 A가 바닥으로부터 h만 한 높이에 있도록 하고 놓아주면 물체 A는 중력에 의하여 내려가면서 물체 B를 끄는 일을 한다.(그림 6-9)

○ 물체 B에 작은 추들을 올려놓아 물체 A와 B가 천천히 등속으로 운동하게 한다. 이때 물체 B에는 일정한 끄는 힘 F가 작용한다. 물체 A가 h만 한 높이에서 바닥까지 내려오면서 물체 B를 끄는 거리는 h와 같으므로 B를 끌면서 하는 일은 Fh와 같다. 끄는 힘 F가 일정하므로 물체 A가 내려오면서 하는 일은 높이 h에 의하여 결정된다.

○ 다음 이 장치에서 물체 A를 질량이 다른것들로 바꾸고 이것이 등속으로 천천히 내려오도록 물체 B에 작은 추들을 올려놓으면서 이때 끄는 힘 F를 측정한다. 측정값들을 표에 써넣고 이 값들을 리용하여 물체 A의 질량 m과 끄는 힘 F사이의 관계를 그라프로 그린다.(그림 6-10)

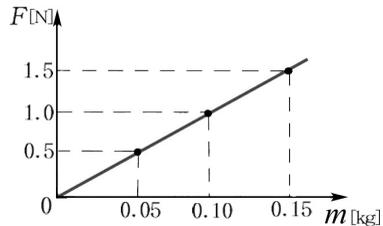



그림 6-10. 질량 m과 끄는 힘 F사이의 관계

자리에네르기 실험표

물체 A의 질량 [kg]	물체 B를 끄는 힘 [N]
0.05	0.49
0.10	0.99
0.15	1.47

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

질량 m과 힘 F사이에는 비례관계가 있다는것을 알수 있다.

실험표에 의하면 질량이 1kg인 물체에 작용하는 중력의 크기는 9.8N과 같으므로 물체 B를 끄는 힘은 물체 A에 작용하는 중력의 크기 $P=mg$와 같다는것을 알수 있다. 즉 물체 A가 내려오면서 하는 일은 그 물체의 질량 m과 물체가 내려온 거리 h에 의하여 결정된다.

질량이 m인 물체가 h만 한 높이에 있을 때 가지는 중력의 자리에네르기 U는 물체에 작용하는 중력의 크기 mg와 물체가 놓인 자리의 높이 h를 곱한것과 같다.

자리에네르기 = 물체에 작용하는 중력의 크기×높이 $U=mg\times h$

[례제] 어떤 학교의 실험용소형수력발전소에서는 5m 높이로부터 물이 1s동안에 $1.2m^3$씩 떨어지면서 전기를 생산한다. 이 물이 1h동안에 하는 일을 구하여라.

풀이. 주어진것: $h=5m$

$t=1h=3\ 600s$

$V=1.2m^3/s\times 3\ 600s$

구하는것: A?

1h동안에 떨어지는 물의 질량

$m=\rho\cdot V=1\ 000kg/m^3\times 1.2m^3/s\times 3\ 600s=4\ 320\ 000kg$

$U=mgh=4\ 320\ 000kg\times 9.8N/kg\times 5m\approx 2.12\times 10^8J$

1h동안에 물은 중력의 자리에네르기와 같은 일을 한다.

즉 $A=U\approx 2.12\times 10^8J$

답. 약 2.12×10^8J

문 제

1. 수력발전소에서는 물이 더 높은 곳에서 떨어질수록 유리하다. 왜 그런가?

2. 땅걸면에 놓여있는 물체의 자리에네르기는 언제나 0인가? 까닭을 설명하여라.

3. 질량이 50kg인 큰 쇠망치가 12m 높이로부터 내려오면서 말뚝을 박는다. 이 쇠망치가 말뚝을 박으면서 하는 일을 구하여라.

그리고 쇠망치가 한번 때릴 때 말뚝이 2.5m씩 들어간다면 말뚝을 때리는 힘은 얼마인가?

4. 질량이 2t인 쇠망치가 1m 높이에서 떨어질 때 하는 일과 크기가 같은 일을 0.5t의 질량을 가진 쇠망치가 하려면 얼마만한 높이에서 떨어져야 하는가?

5. 어떤 수력발전소에서 7.5m 높이에서 흘러내려오는 물이 수력타빈을 돌리는 일능률은 25kW이다. 1s동안에 몇m^3의 물이 흘러내려오는가?

제3절. 운동하는 물체의 에네르기

운동에네르기란 무엇인가

바람은 풍차를 돌리고 흐르는 물은 수차를 돌려 전기를 생산하며 망치는 못을 박는 일을 하며 날아가던 총알은 담벽을 뚫고 들어가는 일을 한다.

이처럼 운동하는 물체는 일을 할수 있다. 즉 운동하는 물체는 에네르기를 가진다.

물체가 운동하기때문에 가지는 에네르기를 **운동에네르기**라고 부른다.

? 운동에네르기는 무엇에 관계되는가.

바람이 불 때 꼬마기상대의 풍속계를 바라보면 바람이 하는 일의 크기는 바람의 속도가 빠를수록 크다는것을 알수 있다.

시내물이나 큰 강물이 바닥의 돌이나 모래를 밀고가는 일의 크기는 물의 질량이 클수록 크다는것을 보여준다.

여기로부터 운동하는 물체들이 할수 있는 일의 크기는 물체의 속도가 빠를수록 크며 질량이 클수록 크다는것을 알수 있다.

실제로 그런가를 실험으로 알아보자.

실 험

○ 경사면우에 어떤 높이까지 철구를 올려놓고 놓아준다. 그러면 철구는 경사면을 따라 굴러내려오면서 점점 빨라지다가 수평면

에 들어서서는 등속으로 굴러가며 나무토막에 부딪쳐 그것을 밀고나가는 일을 한다. 나무토막을 밀고간 거리를 측정한다.

○ 나무토막을 본래자리에 가져다놓고 철구를 더 높은 자리로부터 굴러내려오게 한 다음 나무토막을 밀고나간 거리를 측정한다. 철구가 내려오기 시작하는 자리가 높을수록 나무토막에 부딪칠 때의 속도가 크다. 실험은 철구의 속도가 클수록 나무토막을 밀고나가는 거리가 더 크다는것을 보여준다. 즉 철구의 속도가 클수록 더 많은 일을 할수 있다.

○ 질량이 더 큰 철구를 처음과 같은 높이에서 굴러내려오게 하고 같은 방법으로 실험을 진행한다.(그림 6-11) 실험은 철구가 같은 높이에서 내려올 때 질량이 클수록 일을 더 많이 한다는것을 보여준다.

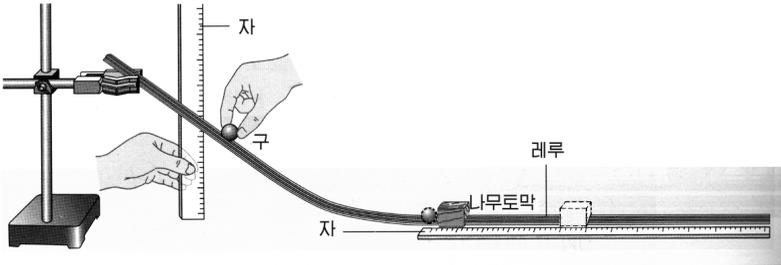



그림 6-11. 운동에네르기가 무엇에 관계되는가를 알아보는 실험

실험을 통하여 물체의 운동에네르기는 속도가 클수록, 질량이 클수록 크다는것을 알수 있다.

운동에네르기는 무엇에 의하여 결정되는가

운동하는 물체가 일을 하면 속도가 줄어들며 나중에는 멎는다.(그림 6-12)

운동하는 물체는 운동에네르기를 소비하면서 일하므로 에네르기가 줄어든다.

나무토막을 미는 일의 크기는 운동하는 철구가 할수 있는 일의 크기와 같다.

그러므로 운동하는 물체가 멎을 때까지 다른 물체에 대하여 하는 일의 크기를 잰다면 그것은 운동에네르기와 같게 된다.

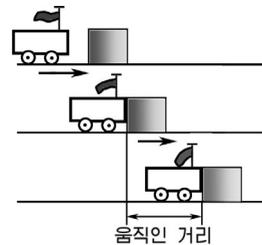



그림 6-12. 밀차가 일을 할 때 속도가 줄어든다

물체의 운동에네르기는 그것이 멎을 때까지 다른 물체에 한 일의 크기로 잴수 있다.

계산에 의하면 물체의 운동에네르기의 크기는 물체의 질량에 속도의 두제곱을 곱한 값의 절반과 같다.

$$운동에네르기 = \frac{1}{2} \times 질량 \times 속도의\ 두제곱$$

$$K=\frac{1}{2}mv^2$$

물체가 운동에네르기를 가지고있다고 하여 언제나 일하는것은 아니다. 례를 들어 운동하는 물체는 운동에네르기를 가지고있지만 관성에 의하여 등속직선운동을 할 때에는 아무러한 일도 수행하지 않는다.

[례제] 운동하는 밀차가 나무토막을 0.2m만큼 밀고가다가 멎었다. 이때 한 일이 0.4J이라면 나무토막에 작용한 힘과 운동에네르기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: S=0.2m

A=0.4J

구하는것: F?, K?

$A=FS$ 이므로 $F=\frac{A}{S}=\frac{0.4\text{J}}{0.2\text{m}}=2\text{N}$

한편 $K=A$ 이므로 K=0.4J

답. 2N, 0.4J

40kg

6m/s

40kg

7m/s

45kg

9m/s

그림 6-13

문 제

1. 그림 6-13에서 어느 사람의 운동에네르기가 더 큰가?

2. 운동에네르기가 2 700J인 총알이 목표물을 15cm 뚫고들어가 멎었다. 목표물을 뚫는 힘은 얼마인가?

3. 곧은 철길을 따라 등속으로 달리는 기차안에 앉아있는 학생은 선반우에 올려놓은 짐이 운동에네르기를 가지지 않는다고 하고 땅에 서있는 학생은 그 짐이 운동에네르기를 가지고있다고 하였다. 누가 옳은가? 그 까닭을 설명하여라.

제4절. 운동에네르기와 자리에네르기의 호상전환

력학적에네르기전환

그림 6-14. 제트코스타

유희장들에 있는 제트코스타(관성렬차)를 타고 곡선길을 오르내릴 때 그 속도와 높이는 어떻게 변하며 운동에네르기와 자리에네르기는 어떻게 변하는가.(그림 6-14)

제트코스타가 내려갈 때는 속도가 점점 커지므로 운동에네르기는 점점 커지며 높이는 낮아지므로 자리에네르기는 점점 작아진다. 제트코스타가 올라갈 때는 이와 반대로 된다.

이처럼 물체가 오르내릴 때에는 운동에네르기가 자리에네르기로, 자리에네르기가 운동에네르기로 넘어가게 된다.

운동에네르기와 자리에네르기를 **력학적에네르기**라고 부른다.

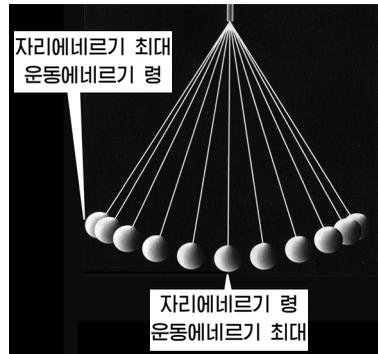
물체가 가지고있는 력학적에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 넘어가는것 즉 운동에네르기가 자리에네르기로 또 자리에네르기가 운동에네르기로 넘어가는것을 **력학적에네르기전환**이라고 부른다.

력학적에네르기전환현상은 흔들이의 운동에서도 볼수 있다.

그림 6-15. 흔들이에서 력학적에네르기전환

흔들이의 운동에서는 력학적에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 어떻게 넘어가는가.

흔들이추가 평형자리로부터 제일 멀리 왔을 때 순간적으로 멎으므로 운동에네르기는 령이고 자리가 가장 높으므로 자리에네르기가 최대로 된다.(그림 6-15)

그다음부터 추가 평형자리를 향하여 내려올 때에는 자리에네르

기가 운동에네르기로 전환되면서 자리에네르기는 줄어들고 그대신 운동에네르기가 늘어난다.

흔들이추가 평형자리를 지나는 순간 자리가 제일 낮고 속도는 최대로 되므로 자리에네르기는 제일 작고 운동에네르기가 제일 크다. 그다음부터는 흔들이추가 올라가면서 운동에네르기는 줄어들고 그대신 자리에네르기가 늘어난다.

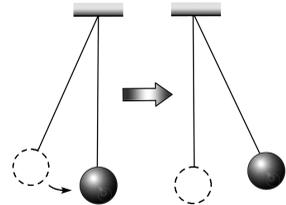
그러므로 이때도 운동에네르기와 자리에네르기가 서로 전환된다.

❓ 력학적에네르기는 한 물체에서 다른 물체에로 전달되는가.

꼭같은 두개의 구가 충돌하는것을 자세히 따져보자.(그림 6-16)

그림 6-16. 두 구사이의 운동에네르기 전달

운동하는 구가 멎어있던 구에 충돌하면 운동하던 구는 멎고 그대신 멎어있던 구가 운동한다. 이것은 한 구로부터 다른 구에로 운동에네르기가 넘어갔다는것을 의미한다.

그림 6-17과 같이 도르래에 걸쳐놓은 줄의 량끝에 꼭같은 추를 매달고 추 하나를 아래로 당겼다놓으면 이 추는 내려오면서 자리에네르기가 줄어들고 다른 추는 올라가면서 자리에네르기가 늘어난다.

이것은 추들사이에 자리에네르기가 전달된다는것을 의미한다.

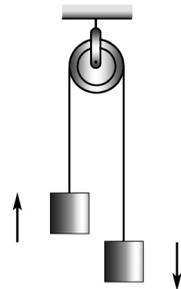



그림 6-17. 도르래에 걸친 두 추들사이의 자리에네르기 전달

력학적에네르기보존의 법칙

❓ 만일 마찰이 없다면 력학적에네르기전환이 어떻게 일어나겠는가.

제트코스타가 아무런 마찰도 받지 않으면 처음에 올라갔던 높이만큼 계속 오르내리면서 운동을 계속할것이다.

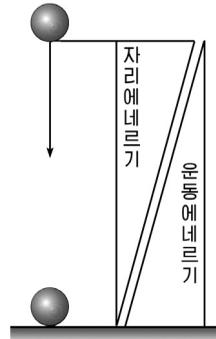
즉 처음에 가졌던 자리에네르기가 모두 운동에네르기로, 이 운동에네르기가 모두 자리에네르기로 전환되면서 계속 운동할것이다. 흔들어놓은 흔들이도 마찰이 없다면 운동에네르기와 자리에네르기가 고스란히 전환될것이다.

또 두 구가 충돌할 때도 마찰이 없다면 한 구로부터 다른 구에로 운동에네르기가 고스란히 전달될것이다.

이처럼 마찰이 없다면 자리에네르기가 작아진것만큼 운동에네르기가 커지며 반대로 운동에네르기가 작아진것만큼 자리에네르기가 커진다.(그림 6-18)

그림 6-18. 력학적 에네르기의 보존

또한 한 물체의 력학적에네르기가 작아진것만큼 다른 물체의 력학적에네르기가 커진다.

마찰이 없으면 운동에네르기와 자리에네르기의 합은 언제나 일정하다. 이것을 **력학적에네르기보존의 법칙**이라고 부른다.

문 제

1. 그림 6-19와 같이 두 사람이 널뛰기를 할 때 에네르기전달을 설명하여라.
2. 자전거를 타고 올리막길을 올라갈 때에는 발디디개를 점점 더 힘겹게 돌려야 하고 이때 속도는 떠지며 내리막길로 내려갈 때에는 발디디개를 쓰지 않아도 속도가 점점 커진다. 이것은 무엇때문인가?
3. 마찰이 있으면 력학적에네르기보존의 법칙이 맞지 않는다. 왜 그런가 ?
4. 어떤 높이에서 떨어지는 탁구공을 그 높이보다 더 높이 튀여오르게 하려면 탁구공을 어떻게 떨어뜨려야 하겠는가? 운동에네르기와 자리에네르기가 서로 전환되는 법칙에 근거하여 그 리유를 설명하여라.

그림 6-19

5. 탁구공을 책상우에 떨구었을 때 튀여난 공은 본래 높이까지 오르지 못하고 튀여오르는 높이가 점점 낮아진다. 왜 그런가?

제5절. 여러가지 에네르기

자동차는 휘발유나 디젤유가 탈 때 나오는 열로 일하는 기계이며 무궤도전차와 전기기관차는 전기로 일하는 기계이다.

이와 같이 열이나 전기도 일할수 있으므로 에네르기를 가진다. 이것은 에네르기에는 력학적에네르기외에 또 다른 형태의 에네르기가 있다는것을 의미한다.

내부에네르기

? 바닥에 멎어있는 물체는 일을 할수 없는가.

실험

○ 플라스크에 물을 넣고 마개를 막은 다음 알콜등으로 물을 끓인다. 물의 온도가 높아지면서 마개가 튀여난다.(그림 6-20)

○ 가마에 물을 넣고 세차게 끓이면서 가마뚜껑을 살펴본다. 가마뚜껑이 들썽거린다.

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

물이 끓을 때 마개를 튀여나게 하거나 가마뚜껑을 들어올리는 일을 한다는것을 알수 있다.

그림 6-20. 물체의 내부에네르기는 온도가 높을수록 커진다

플라스크나 가마속의 물은 멎어있는것 같지만 물을 이루고있는 물분자들은 온도에 따라 쉬임없이 무질서한 열운동을 한다. 그러므로 물에는 물분자들이 열운동하기때문에 가지는 열운동에네르기가 있다.

또한 물분자들사이에 용수철로 이어진것처럼 끌힘과 밀힘이 작용한다. 그러므로 물분자들은 서로 끌거나 미는 호상작용에 의한 자리에네르기를 가진다.

끓는 물이 마개를 튀여나게 하거나 가마뚜껑을 들어올리는것은

바로 물분자들의 열운동에네르기와 물분자들사이의 호상작용에 의한 자리에네르기가 하는 일이다.

물체를 이루는 분자들의 무질서한 운동에 의한 열운동에네르기와 호상작용에 의한 자리에네르기의 합을 그 물체의 **내부에네르기**라고 부른다.

전기에네르기

전기는 전열기에서 열을 내는데 리용된다.

또한 전기는 콤퓨터를 동작시키고 전차를 움직이며 선풍기를 돌리는데 리용된다.(그림 6-21)

그림 6-21. 전기는 기계를 움직인다

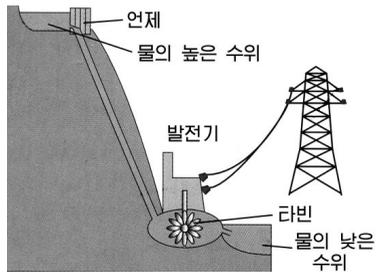
이처럼 전기는 열도 내고 일도 할수 있으므로 에네르기를 가진다.

전기는 발전소들에서 생산한다.

수력발전소에서는 높은 곳의 물을 아래로 떨구어 타빈을 돌리며 이것으로 발전기를 돌려 전기를 생산한다.(그림 6-22)

그림 6-22. 수력발전소

화력발전소에서는 석탄이나 연유를 태워 나온 열로 물을 덥히고 이때 생기는 빠른 속도의 수증기로 타빈을 돌리며 이것으로 발전기를 돌려 전기를 생산한다.

전기에네르기는 무엇으로 재는가.

전기에네르기도 다른 에네르기와 마찬가지로 그것이 하는 일의

크기나 그것이 내는 열량으로 잰다.

그러므로 전기에네르기의 측정단위는 1J이다.

발전소에서 얼마만한 전기를 생산하는가 하는것은 흔히 kW·h(키로와트-시)로 표시한다.

례를 들어 발전능력이 50 000kW인 대형발전기가 하루에 생산하는 전기에네르기는 다음과 같다.

전기에네르기=50 000kW×24h=1 200 000kW·h

전기에네르기 = 전력 × 전기가 일한 시간
$E = Pt$

빛에네르기

빛이 에네르기를 가지는가.

물체가 해빛을 받으면 뜨거워진다. 이것은 빛에 의하여 열이 생긴다는것을 보여준다.

한쪽 면은 검고 다른쪽 면은 흰 4개의 판이 달린 돌리개가 들어있는 복사계에 빛을 쪼이면 돌리개가 돌아간다. 이것은 빛이 일을 한다는것을 보여준다.(그림 6-23)

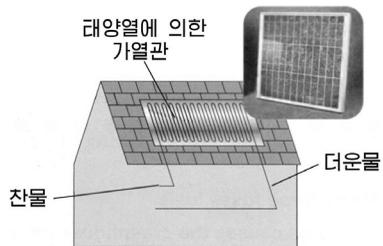
그림 6-23. 빛은 복사계의 돌리개를 돌리는 일을 한다

태양빛이 가지고있는 에네르기는 매우 크다.

태양빛이 내는 열을 리용하여 물을 덥혀 열난방(태양열난방)을 할수도 있고 태양열목욕탕을 만들수도 있다.(그림 6-24)

그림 6-24. 태양에네르기리용

빛전지에 빛을 쪼이면 검류계의 바늘이 움직인다.

빛전지들은 여러가지 전기장치

들의 전원으로 널리 쓰이고있다.(그림 6-25) 특히 인공위성이나 우주비행선들에서는 빛전지로 전원문제를 해결하고있다.(그림 6-26)

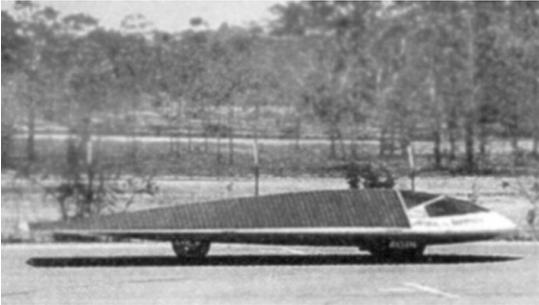



그림 6-25. 빛전지를 리용한 자동차

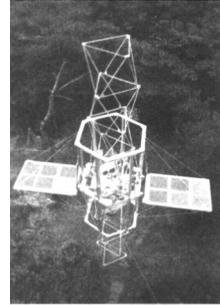



그림 6-26. 빛전지의 리용

문 제

1. 다음 글에서 틀린것을 찾고 그 리유를 밝혀라.
   ㄱ) 운동하고있는 물체는 운동에네르기만을 가진다.
   ㄴ) 높은 곳에 있는 물체는 자리에네르기만을 가진다.
   ㄷ) 얼음과 같이 찬 물체에는 내부에네르기가 없다.
2. 찬물과 더운물은 같은 분자들로 이루어져있다. 질량이 같은 더운물과 찬물의 내부에네르기는 같겠는가? 왜 그런가?
3. 그림 6-27과 같이 서로 마찰시키면 통(물체)의 내부에네르기는 어떻게 변하겠는가를 실험으로 알아보고 왜 그런가를 설명하여라.
4. 전기곤로의 열효률이 60%일 때 1kW·h의 전기에네르기로 얼마만한 물을 20℃에서 100℃까지 덥힐수 있겠는가?
5. 빛이 에네르기를 가지고있다는것을 어떻게 알수 있는가? 실례를 4개이상 들어보아라.

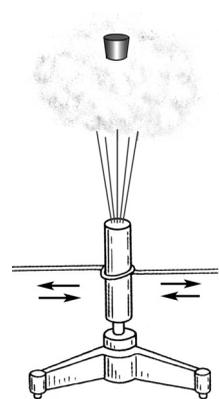



그림 6-27

제6절. 에네르기전환과 보존

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《…우리 나라의 실정에 맞는 수력발전소, 화력발전소, 원자력발전소를 건설하는데서 나서는 과학기술적문제를 풀도록 하여야 합니다.》

우리 나라에는 경애하는 장군님의 원대한 구상을 높이 받들고 이르는 곳마다에 대규모발전소들과 중소규모발전소들이 수많이 건설되고있다.

자연에는 력학적에네르기, 내부에네르기, 전기에네르기, 빛에네르기 등 여러가지 형태의 에네르기들이 있다.

이 에네르기들은 서로 어떻게 전환되는가.

에네르기전환과 리용

수력발전소에서는 언제에 의하여 잡혀있던 물이 아래로 떨어지면서 타빈을 돌려 전기를 생산한다. 이것은 물의 력학적에네르기가 전기에네르기로 전환된다는것을 보여준다.

전기에네르기는 양수기를 돌려 물을 높은데로 끌어올리거나 선풍기를 돌리고 다리미나 곤로에서 열을 내며 전등과 콤퓨터, TV에서 밝은 빛과 화면을 펼친다.(그림 6-28) 이때에는 전기에네르기가 력학적에네르기와 내부에네르기, 빛에네르기로 전환된다.

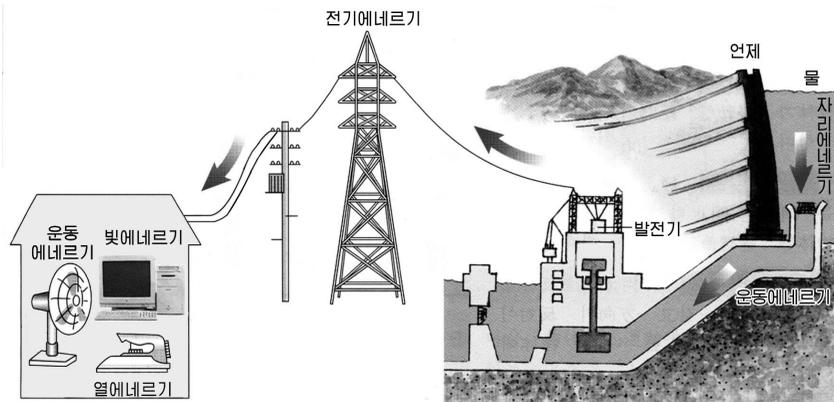



그림 6-28. 에네르기의 전환

화력발전소에서는 연료를 태워서 얻은 열로 물을 가열하고 이때 생긴 수증기로 타빈을 돌리고 이것이 발전기를 돌려 전기를 생산한다.(그림 6-29) 이때 연료가 타면서 나오는 화학에네르기가 물의 열에네르기로, 그것이 타빈의 력학적에네르기로 전환되고 이것이 다시 발전기에서 전기에네르기로 전환된다.

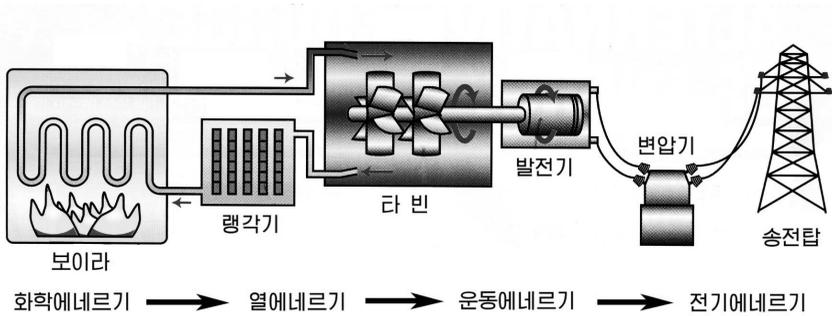



그림 6-29. 전기에네르기에로의 전환과정

이와 같이 에네르기는 한 형태로부터 다른 형태로 전환된다.

우리가 에네르기를 리용하는것은 한 형태의 에네르기를 쓸모있는 다른 형태의 에네르기로 전환시키는 과정이다.

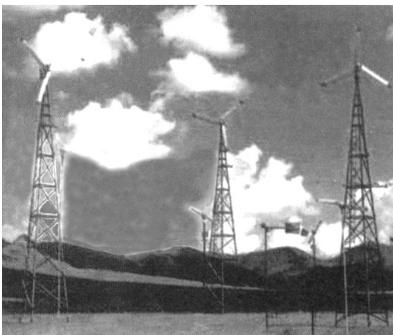



그림 6-30. 풍력발전소

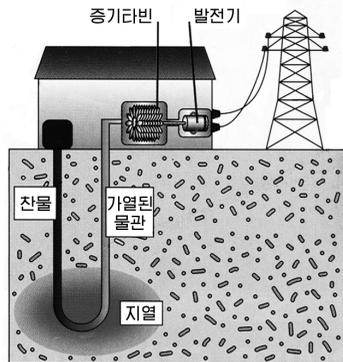



그림 6-31. 지열발전소

실례로 바람의 운동에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 풍력발

전소(그림 6-30), 땅속에 있는 열(지열)을 써서 전기를 생산하는 지열발전소(그림 6-31), 파도의 힘을 리용하여 전기를 생산하는 파도발전소(그림 6-32), 바다물의 밀물과 썰물을 리용하여 전기를 생산하는 조수력발전소를 들수 있다. 또한 원자가 가지고있는 에네르기로 전기를 생산하는 원자력발전소가 있다.

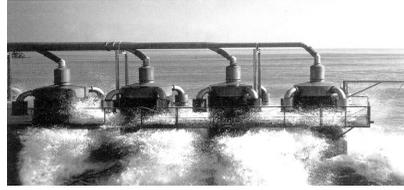



그림 6-32. 파도발전소

생각하기 에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 전환되는 실례들을 매개 경우에 들어보아라.(그림 6-33)

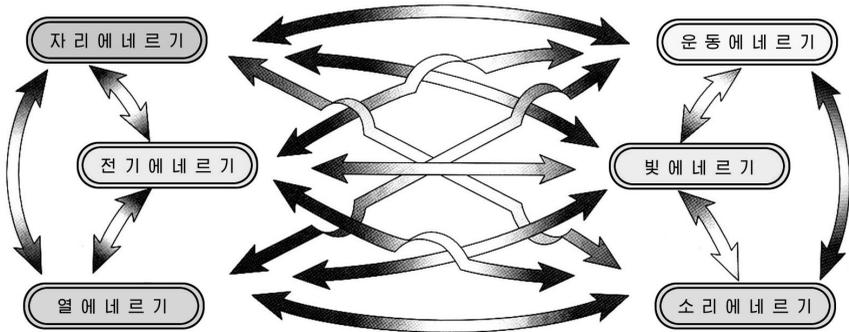



그림 6-33. 여러가지 에네르기의 호상전환

에네르기보존법칙

우리는 마찰이 없을 때 력학적에네르기가 보존된다는것을 알고 있다. 그러나 마찰이 있으면 력학적에네르기는 점점 줄어든다.

실례로 한번 기울였다가 놓아준 흔들이는 진폭이 점점 줄어들다가 나중에는 멎어버린다. 이 흔들이의 운동에서는 추와 공기와의 마찰에 의해서 추와 공기의 온도를 높이는데 력학적에네르기가 소비된다. 손바닥을 마주 대고 비비면 손바닥이 더워진다. 이것은 마

찰에 의해서 물체의 온도가 높아지고 따라서 물체의 내부에네르기가 증가한다는것을 의미한다.

이와 같이 마찰이 있으면 력학적에네르기가 내부에네르기로 전환된다.

흔들이의 운동에서 추의 력학적에네르기와 함께 내부에네르기를 재여보면 에네르기의 총합은 언제나 일정하다는것을 알수 있다. 이 관계는 어떤 형태의 에네르기전환에서나 다 성립한다.

즉 력학적에네르기가 전기에네르기로 전환될 때와 전기에네르기가 내부에네르기 또는 빛에네르기로 전환될 때에도 에네르기총량은 변하지 않고 일정하게 보존된다.

에네르기는 한 형태로부터 다른 형태로 전환될수는 있으나 새로 생겨나거나 없어지지 않고 보존된다. 이것을 **에네르기보존법칙**이라고 부른다.

에네르기보존법칙은 물리학뿐만아니라 모든 과학기술분야에서 기초로 되는 가장 중요한 자연법칙의 하나이다.

문 제

1. 태양빛을 받으면 물이 수증기로 날아난다.(그림 6-34) 이때 태양의 에네르기는 어떻게 되는가?

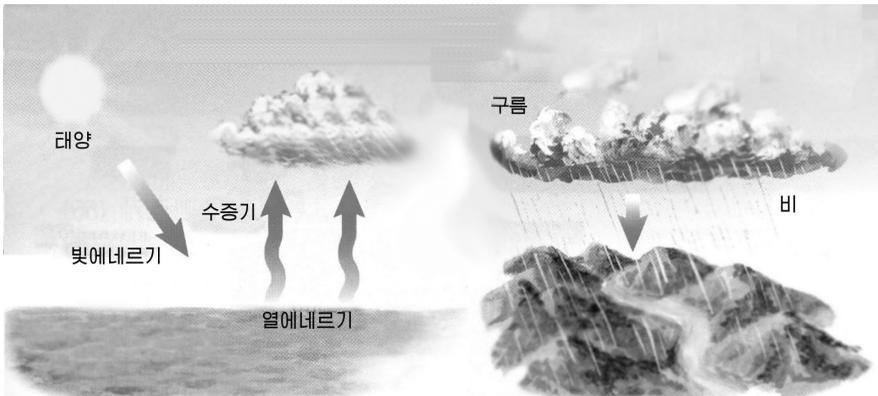



그림 6-34

2. 그림 6-35에서 빈자리에 알맞는 내용을 써넣고 에네르기전환에 대하여 설명하여라.

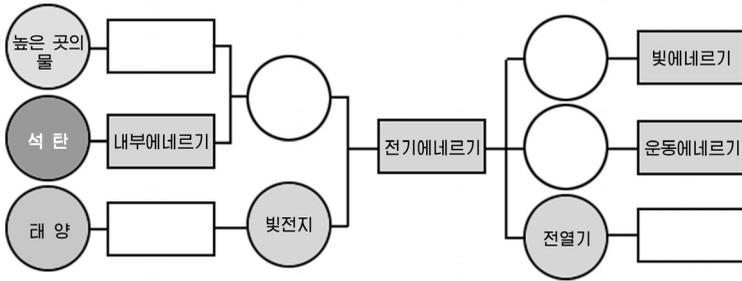



그림 6-35

3. 600W의 전열기를 1h동안에 쓸수 있는 전기에네르기를 얻자면 물이 떨어지는 높이가 100m인 수력발전소에서 적어도 얼마의 물을 흘려보내야 하겠는가? 이 문제풀이에서 에네르기보존법칙이 어떻게 응용되는가?

[복습문제]

1. 다음의 경우에 무엇이 에네르기를 가지고있으며 왜 그렇게 말할수 있는가를 밝혀라.
   ㄱ) 높은 곳에 있는 물
   ㄴ) 흐르는 강물
   ㄷ) 나무잎을 설레이게 하는 바람
   ㄹ) 화살을 날려보내기 위해 휘여든 활
   ㅁ) 바람부는 바다가에 떠있는 돛배
   ㅂ) 날아가는 총알
2. 물체에 일을 해주면 물체의 에네르기가 커지고 반대로 에네르기를 가지고있던 물체가 밖에 일할 때 물체의 에네르기가 줄어든다.
   ㄱ) 높은 곳에 있는 물체가 300J의 에네르기를 가지고있다면 땅에 떨어질 때 얼마만한 일을 할수 있는가?

ㄴ) 96J의 에네르기를 가지고 운동하는 밀차가 멎어있는 물체에 부딪쳐 45cm 더 가서 멎었다면 물체를 미는 힘은 얼마이겠는가?

(**답**. 300J, 약 213N)

3. 무게가 600N인 물체가 15m의 높이에서 5m의 높이까지 내려왔다. 자리에네르기가 얼마나 변하였는가?

(**답**. 6kJ만큼 줄었다.)

4. 질량이 200g인 물체가 높이 60cm인 책상우에 놓여있다. 책상면우에 있을 때와 방바닥에 있을 때 자리에네르기를 구하여라.

(**답**. 약 1.18J, 0)

5. 논에 물을 대기 위하여 저수지를 만들었다. 저수지동뚝의 높이는 37m이다. 이 동뚝우에서 물 $1m^3$가 떨어지면서 할수 있는 일의 크기를 구하여라.

(**답**. 3.626×10^5J)

6. 레루우에서 질량이 100kg인 밀차가 10m/s의 속도로 등속으로 달린다. 밀차가 가지고있는 운동에네르기는 얼마인가? 이 밀차가 멎어있는 다른 밀차를 490N의 힘으로 밀어주는 일을 한다면 몇m나 밀고나갈수 있는가?

(**답**. 5 000J, 약 10.2m)

7. 다음의 경우에 어느 물체의 운동에네르기가 더 큰가?

ㄱ) 같은 속도로 달리는 땅크와 자동차

ㄴ) 50km/h의 속도로 달리는 무궤도전차와 30km/h의 속도로 달리는 무궤도전차

8. 마치로 못을 박을 때 운동하던 마치가 못에 부딪쳐 50N의 힘으로 못을 40mm만큼 박고 멎었다. 마치의 처음운동에네르기는 얼마인가? (**답**. 2J)

9. 높은 곳에 들어올린 쇠덩어리의 자리에네르기가 300J이다. 이 쇠덩어리가 떨어질 때 할수 있는 일의 크기는 얼마인가? 땅에 닿는 순간에 운동에네르기는 얼마인가?

(**답**. 300J, 300J)

10. 질량이 50kg인 철덩어리가 땅에 떨어지는 순간의 운동에네르

기는 2 500J이다. 이 물체는 얼마만한 높이에서 떨어졌는가?

(**답.** 약 5.1m)

11. 차올린 축구공이 땅에 떨어질 때까지 어떤 에네르기전환과정을 거치는가를 설명하여라.

12. 날아가는 비행기는 어떤 력학적에네르기를 가지는가?

13. 같은 질량의 찬물과 더운물이 있다. 어느것의 내부에네르기가 더 크겠는가?

14. 빨갛게 달군 철덩이가 있다. 이것이 에네르기를 가지고있다고 말할수 있는가?

15. 달리는 차에 실은 석탄이 어떤 에네르기를 가지고있는가를 생각해보아라.

16. 1kW의 전력을 쓰는 전동기를 1년(365일)동안 하루에 8h씩 돌린다면 전기에네르기를 얼마나 쓰는가?

(**답.** 2 920kW·h)

17. 전달되는 빛에네르기의 절반만이 물을 덥힌다고 보고 해빛을 수직으로 받는 면 $1m^2$에 떨어지는 빛을 모아 5kg의 물에 30min동안 쪼이면 물온도가 몇℃나 올라가겠는가? 물의 비열은 4 200J/(kg·℃)이고 1min동안에 지구의 $1m^2$에 83 000J의 빛에네르기가 전달된다.

(**답.** 약 59.5℃)

18. 땅에서는 해빛을 받아 수증기가 날아나고 수증기는 비와 눈이 되여 다시 땅에 떨어지며 강물이 되여 바다로 흘러간다. 바람도 해빛에 의하여 생긴다. 사람들은 강을 막거나 풍력발전기를 만들어 전기를 생산한다. 이와 마찬가지로 빛에네르기가 어떤 과정을 거쳐 전기에네르기로 전환되는가를 설명하여라.

실 험

1. 열평형알아보기

목 적

이 실험에서는 더운물과 찬물을 섞었을 때 평형온도를 재여 열평형이 일어날 때 더운물이 내보낸 열량과 찬물이 내보낸 열량이 같은가를 따져본다.

기초지식

가열한 물을 열량계에 있는 물에 섞어 열평형이 이루어지게 한다고 하자. 열량계통의 질량을 m_1, 그 통속에 들어있는 찬물의 질량을 m_2, 처음온도를 t_1, 평형온도를 t라고 하면 찬 물체가 받는 열량 $Q_{찬}$은 열량계가 받는 열량 Q_1와 찬물이 받는 열량 Q_2의 합과 같다.

$$Q_{찬} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{찬} = c_1 m_1(t - t_1) + c_2 m_2(t - t_1) \qquad (1)$$

여기서 c_1, c_2은 각각 열량계통과 물의 비열이다. 더운물의 질량을 m_3, 처음온도를 t_2, 평형온도를 t라고 하면 더운물이 내준 열량 $Q_{더}$는 다음과 같다.

$$Q_{더} = c_2 m_3(t_2 - t_1) \qquad (2)$$

이 실험에서는 m_1, m_2, m_3, t_1, t_2, t_3를 측정하여 식 1과 식 2가 같은가를 알아본다.

열량계 다루는 법

열량계는 그속에 넣은 물체와 물이 주고받는 열량을 재는데 쓰이는 기구이다.

① 열량계통속에 넣은 물의 량은 가열된 물체가 잠겼을 때 물이 넘어나지 않을 정도로 될수록 많이 넣는것이 좋다.

② 열량계통속의 물의 처음온도는 방안온도보다 조금 낮게 하며 마지막평형온도는 조금 높아지게 하는것이 좋다.

③ 실험도중에 필요없이 뚜껑을 열지 말아야 하며 평형온도를 잴 때에는 젓개로 물을 잘 저어주면서 뚜껑을 닫은 상태에서 측정한다.

기구 및 재료

열량계, 비커(또는 금속가열통), 온도계(2개), 메스실린더, 알콜등, 쇠그물, 물그릇, 물, 성냥, 천평, 젓개

실험방법

1) 열량계의 속통을 꺼내여 천평으로 질량 m_1을 측정한 다음 제자리에 놓는다.
2) 찬물의 질량 m_2을 메스실린더를 리용하여 측정하고 찬물을 열량계속에 넣는다. 그리고 열량계뚜껑을 닫은 다음 온도계를 넣어 물의 온도 t_1를 측정한다.
3) 더운물의 질량 m_3을 메스실린더를 리용하여 측정하고 비커(또는 금속가열통)속에 부어넣은 다음 알콜등으로 덥힌다. 열량계속에 넣는 물의 량은 물이 넘어나지 않을 정도로 될수록 많이 넣는것이 좋으므로 열량계통의 용량에 따라 물의 량을 정한다.
4) 젓개로 물을 저으면서 더운물의 온도 t_2을 잰다.(그림 1) 온도계는 가열통의 바닥이나 벽에 붙지 않도록 설치하며 덥힌 물의 온도와 방안온도와의 차를 너무 크게 하지 말아야 한다.

그림 1. 열평형알아보기 실험장치

결과 및 분석

1) 측정결과를 다음의 표에 기록하고 찬 물체가 받은 열량과 더운물이 내준 열량을 비교한다.

받은 열량							내준 열량				열량비교
열량계질량 m_1 [kg]	찬물질량 m_2 [kg]	처음온도 t_1 [℃]	평형온도 [℃]	Q_1 [J]	Q_2 [J]	$Q_찬 = Q_1 + Q_2$	더운물질량 m_3 [kg]	처음온도 t_2 [℃]	평형온도 [℃]	$Q_더$	$\frac{Q_더}{Q_찬}$
⋮											

2) 실험결과 두 열량의 비가 1로 되지 않았다면 그 원인이 무엇인가를 따지고 오차를 줄이기 위한 방도를 찾는다.

문 제

1. 실험에서 찬물과 함께 열량계통, 젓개, 온도계도 평형온도까지 더워진다. 그런데 왜 이것들의 열량변화는 계산하지 않는가?
2. 왜 더운물의 온도를 방안온도보다 지내 높게 하면 안되는가? 그 리유를 설명하여라.

2. 가열장치의 열효률측정

목 적

이 실험에서는 알콜등으로 물을 덥힐 때의 열효률을 알아본다.

기초지식

알콜등으로 물을 덥힐 때 알콜이 타면서 내는 열량(Q_1)과 실지 물의 온도를 높이는데 든 열량(Q_2)의 비를 구하면 된다.

- 알콜이 탈 때 내는 열량

알콜의 발열량은 q=2.72×10^{7}J/kg이고 알콜을 태우기 전 알콜등의 질량을 m_1, 알콜을 태우고 불을 끈 다음 알콜등의 질량을 m_2이라고 하면 알콜이 탈 때 내는 열량은

$$Q_1=q(m_1 - m_2) \qquad (1)$$

- 물이 받은 열량

$$Q_2=cm(t_2 - t_1) \qquad (2)$$

이때 열효률은 다음과 같이 표시된다.

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{cm(t_2 - t_1)}{q(m_1 - m_2)} \times 100$$

이로부터 물의 비열 c, 알콜의 발열량 q를 알고 물의 질량, 처음온도와 마지막온도 그리고 태운 알콜의 질량을 측정하면 열효률을 결정할수 있다.

기구 및 재료

알콜등, 고정대, 비커(또는 금속가열통), 천평과 분동, 온도계, 메스실린더, 물, 성냥

그림 2. 열효률측정실험장치

실험방법

1) 메스실린더로 물의 질량 m을 재여 비커에 부어넣고 덥히기 전의 물의 온도 t_1을 잰다.(그림 2)
2) 천평으로 뚜껑을 닫은 알콜등의 전체 질량 m_1를 잰다.
3) 알콜등으로 비커속의 물을 덥힌다. 물을 젓개로 저으면서 더워진 물의 온도 t_1을 재고 알콜등의 불을 끈다. 물의 온도는 너무 높지 말아야 한다.
4) 알콜등의 뚜껑을 닫은채로 전체 질량 m_2을 천평으로 측정한다.
5) 측정된 값들을 표에 기록하고 열효률의 평균값을 계산한다.

결과 및 분석

1) 측정된 값들을 표에 기록하고 열효률의 평균값을 계산한다.

실험번호	물				알콜등			
	질량 m [kg]	처음온도 t_1 [℃]	마감온도 t_2 [℃]	Q_2 [J]	처음질량 m_1 [g]	마감질량 m_2 [g]	Q_1 [J]	$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100$
1								
2								
3								

2) 열효률의 오차가 생기는 경우 그것을 줄이기 위한 방도를 찾는다.

문 제

1. 실험과정에서 열효률이 1보다 작은 리유를 찾아보아라. 열효률을 높이기 위한 방도를 찾아보아라.

2. 석유곤로나 아궁에서 열효률을 높이기 위한 방도를 생각해보아라.
3. 동이나 알루미니움으로 된 금속통에 물을 넣고 덥히는 경우보다 유리비커에 물을 넣고 덥히면 열효률이 커지겠는가 작아지겠는가? 그 리유를 설명해보아라.

3. 전류의 세기와 전압측정

목 적

이 실험에서는 간단한 전기회로를 만들고 해체하는 법, 전류계와 전압계를 회로에 련결하는 법, 전류의 세기와 전압을 재는 법 등을 익힌다.

기초지식

-전기회로 구성법

① 전기회로를 만들 때에는 먼저 회로들을 보고 그 상태에서 련결하며 전원은 모든 요소들을 다 련결하고 제일 마지막에 련결한다.
② 스위치는 전기회로가 바로 련결되였는가를 회로도와 대비해보고 확인된 조건에서 닫아야 한다.
③ 회로를 해체할 때에는 전원을 끄고 전원으로부터 련결선과 요소들을 해체한다.

- 전류계사용법

① 전류계는 전기회로의 부하와 직렬로 련결해야 한다.
② 직류전류계는 계기의 극성을 따져보고 련결해야 한다.
③ 전류계의 령눈금이 정확히 맞는가를 확인하고 맞지 않을 때에는 령눈금조절기를 돌려 맞추어야 한다.
④ 단자가 여러개인 경우에는 선택한 단자에 대한 눈금읽는 법을 알아야 하며 측정범위가 큰쪽부터 선택하여 련결하고 눈금감도가 작으면 점차 측정범위가 낮은쪽으로 옮기면서 련결해야 한다.

⑤ 스위치를 닫았을 때 계기의 바늘이 반대쪽으로 움직이면 계기단자의 극성이 바뀌여 련결되였으므로 스위치를 열고 극성을 바꾸어 련결해야 한다. 전류계의 내부저항이 작을수록 회로에 영향을 주지 않는다.

- 전압계사용법

① 전압계는 재려는 전기요소의 두 점사이에 병렬로 련결한다.
② 직류전압계는 회로의 극성을 따져보고 그에 맞게 련결해야 한다.
③ 전압계의 단자가 여러개인 경우는 재려는 전압이 대략 얼마인가에 따라 알맞는 단자를 선택하여 잇는다.

기구 및 재료

저압전원장치(3V), 직류전류계(1A), 직류전압계(3V), 스위치, 작은 전등(3V), 저항(5Ω), 련결선

실험방법

1) 그림 3의 ㄱ와 같이 전원, 작은 전등, 전류계, 스위치를 련결선으로 련결하여 전기회로를 만든다.
2) 회로가 제대로 구성되였는가를 따져본다. 다음 전원회로의 전압조절손잡이를 최소상태로 놓는다.

ㄱ) ㄴ) ㄷ)

그림 3. 전류의 세기와 전압을 측정하기 위한 전기회로

3) 스위치를 닫고 전압조절손잡이를 천천히 돌려 작은 전등이 천천히 밝아진 다음(3V이상 올리지 말것) 작은 전등에 흐르는 전류의 세기를 측정한다.
4) 스위치를 열고 그림 3의 ㄴ와 같이 회로를 구성한 다음 스위치를 닫고 작은 전등에 걸린 전압을 측정한다.
5) 스위치를 열고 그림 3의 ㄷ와 같이 회로를 구성하고 전류의 세기와 전압을 동시에 측정한다.
6) 작은 전등대신 저항을 련결하고 우와 같은 실험(그림 3의 ㄱ, ㄴ, ㄷ)을 반복한다.

7) 실험이 끝나면 먼저 전원을 끄고 회로를 해체한다.

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록한다.

실험번호	부하	따로따로 측정하였을 때		동시에 측정하였을 때	
		전류의 세기 I[A]	전압 U[V]	전류의 세기 I[A]	전압 U[V]
1	작은 전등				
2	저항				

2) 전류의 세기와 전압을 따로따로 측정할 때와 동시에 측정할 때 측정값들을 비교하고 전기회로에서 전류의 세기와 전압을 측정할 때에는 어떻게 하는것이 편리한가를 밝힌다.

문 제

1. 그림 3의 ㄱ에서 전류계를 전원과 스위치사이 또는 스위치와 전등사이에 이었을 때 전류의 세기는 같겠는가?
2. 그림 3의 ㄷ와 같은 회로에서 전압계를 작은 전등의 두 단자사이에 이을 때와 전원의 두 단자사이에 이을 때 측정값에서 어떤 차이가 있겠는가?

4. 옴의 법칙 알아보기

목 적

이 실험에서는 저항에 흐르는 전류의 세기가 전압에 비례한다는것을 확증한다.

기초지식

전류가 흐르는 부분회로에서 저항 R에 흐르는 전류의 세기 I는 거기에 걸린 전압 U에 비례한다. 이것이 옴의 법칙이다.

즉 $$I = kU$$

저항에 걸린 전압에 따르는 전류그라프를 그리면 직선이 되며 그의 경사진 정도는 저항의 크기에 따라서 달라진다. 그리고 저항의 크기 $R=U/I$ 는 전압이나 전류의 변화에 관계없이 일정하다.

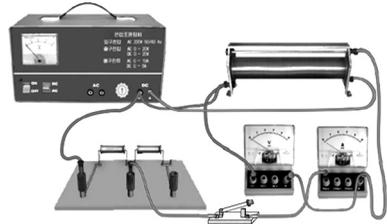
기구 및 재료

저압전원(직류 6V), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 저항 2개 (5Ω, 10Ω), 스위치, 련결선, 방안지

실험방법

1) 그림 4와 같이 전기회로를 만든다. 이때 전압계와 전류계의 극성을 바로 련결해야 하며 전원장치의 전압조절손잡이는 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되도록 한다.

그림 4. 옴의 법칙을 알아보기 위한 전기회로

2) 회로의 정상상태를 확인한 다음 스위치를 닫고 전원전압조절손잡이를 오른쪽으로 천천히 돌려 전압이 1V, 2V, 3V씩 저항에 걸릴 때마다 전류의 세기를 측정한다.
3) 전원전압조절손잡이를 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되게 한 다음 스위치를 열고 저항을 바꾼다. 그리고 우와 같은 실험을 반복한다.

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록하고 전압과 전류의 비를 계산한다.

실험번호	저항이 10Ω일 때			저항이 5Ω일 때		
	전압 U[V]	전류의 세기 I[A]	저항 $R=\frac{U}{I}$[Ω]	전압 U[V]	전류의 세기 I[A]	저항 $R=\frac{U}{I}$[Ω]
1						
2						

2) 측정값에 기초하여 전류-전압그라프를 그리고 전류가 전압에 비례하는가를 따진다. (그림 5)
3) 저항값에 따라 그라프에서 무엇이 다른가를 따진다.
4) $R = U / I$ 에 따라 I와 U가 달라질 때 R가 변하는가를 따진다.

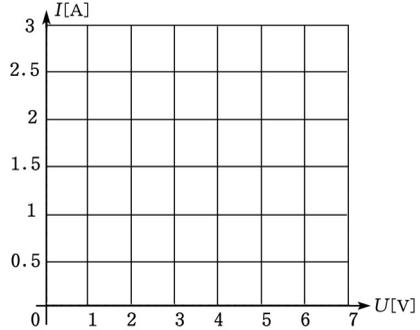



그림 5. 전압에 따르는 전류그라프

문 제

1. 저항선의 저항을 달리하면 전류의 세기가 변한다. 그 리유는 무엇인가?
2. $R = U / I$ 식으로부터 도체의 저항은 전압에 비례하고 전류의 세기에 거꿀비례한다고 말할수 있는가?

5. 직렬회로에서 전류의 세기와 전압 알아보기

목 적

이 실험에서는 도체가 직렬로 련결되였을 때 전류의 세기와 전압 그리고 저항이 어떠한가를 알아본다.

기초지식

두개의 도체가 직렬로 련결되였을 때 회로의 각 부분에서 흐르는 전류의 세기는 같다.

$$I = I_1 = I_2 \qquad (1)$$

매개 도체에 걸린 전압은 $U = IR$로서 저항에 비례하며 총전압은 매개 도체에 걸린 전압의 합과 같다.

$$U = U_1 + U_2 \qquad (2)$$

그리고 직렬회로에서 총 저항은 매개 도체의 저항의 합과 같다.

$$R = R_1 + R_2 \qquad (3)$$

기구 및 재료

저압전원(직류 6V), 저항(5Ω, 10Ω), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 스위치, 련결선

실험방법

1) 그림 6의 ㄱ와 같이 회로를 만든다. 그리고 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 최소로 돌려놓는다.

그림 6. 직렬련결된 회로에서 전류측정

2) 회로가 제대로 련결되였는가를 확인한 다음 스위치를 닫고 전류계를 살펴본다. 그림 6의 ㄴ, ㄷ와 같이 전류계를 옮겨이으면서 전류의 세기가 어떠한가를 알아본다. 전류계를 옮겨이을 때에는 스위치를 열고 저항에 직렬로 련결해야 하며 단자의 +, -극성을 확인해야 한다.
3) 그림 7의 ㄱ와 같이 전기회로를 만든다.

그림 7. 직렬련결된 회로에서 전압측정

4) 회로가 정확히 련결되였는가를 따져본 다음 스위치를 닫고 첫째 저항에 걸린 전압 U_1를 측정한다. 다음 둘째 저항에 걸린 전압 U_2(그림 7의 ㄴ), 두 저항에 걸린 전체 전압 U(그림 7의 ㄷ)를 측정한다. 전원장치의 전압조절손잡이를 돌려 전압을 변화시키면서 실험 1-4의 과정을 반복한다.

결과 및 분석

1) 전류계를 옮겨가면서 측정한 전류의 세기를 비교하고 해당한

결론을 내린다. (I_1, I_2, I_3)

2) 측정된 값들을 표에 기록하고 계산한다.

실험번호	전류의 세기 I[A]	전압 U[V]				저항 $R=\frac{U}{I}$[Ω]			
		U_1	U_2	U	U_1+U_2	$R_1=\frac{U_1}{I}$	$R_2=\frac{U_2}{I}$	$R=\frac{U}{I}$	R_1+R_2
1									
2									
3									

3) 직렬련결한 두 저항전체에 걸린 전압과 매개 저항에 걸린 전압의 합을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

4) 직렬련결한 두 저항의 전체 저항 R와 매 저항의 합 R_1+R_2을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

문 제

1. 직렬회로에서 전류, 전압, 저항의 특징을 말해보아라.

2. 직렬회로에서 두 저항선의 전체 저항 R와 매 저항선의 저항의 합 R_1+R_2을 비교하여라. 여기서 무엇을 알수 있는가?

6. 병렬회로에서 전류의 세기와 전압 알아보기

목 적

이 실험에서는 도체가 병렬로 련결되였을 때 전류의 세기, 전압, 그리고 저항이 어떠한가를 알아본다.

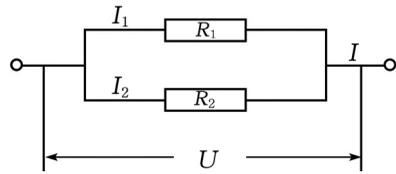



그림 8. 병렬회로에서 전류의 세기와 전압

기초지식

두 도체를 병렬로 련결(그림 8)했을 때 회로에 흐르는 전류의 세기, 전압 그리고 저항은 다음과 같다.

$$I = I_1 = I_2 \qquad (1)$$

$$U = U_1 + U_2 \qquad (2)$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (3)$$

식 1, 2, 3의 관계를 확증하기 위하여 전류계는 병렬로 이은 매개 저항에 직렬로 잇고 전압계는 병렬로 잇는다.

병렬회로에서 도체의 전체 저항은 $R = U / I$ 에 의하여 구할수 있다.

기구 및 재료

저압전원(직류 6V), 저항(5Ω, 10Ω), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 스위치, 련결선

실험방법

1) 그림 9의 ㄱ와 같이 전기회로를 만든다. 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 최소로 돌려놓는다.

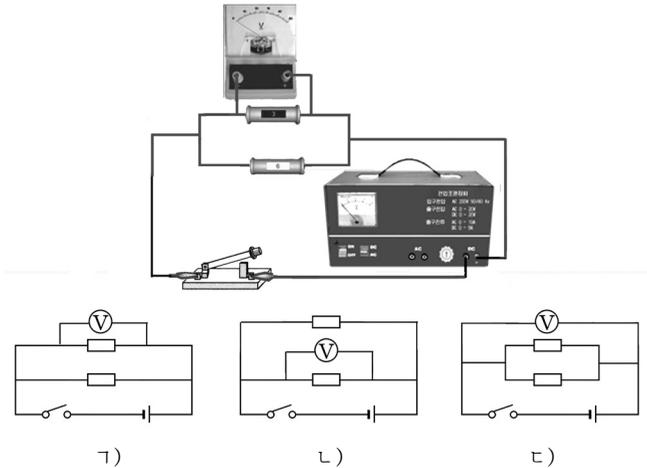



그림 9. 병렬련결된 회로에서 전압측정

2) 회로가 제대로 련결되였는가를 확인한 다음 스위치를 닫고 전원장치의 전압조절손잡이를 천천히 돌려 5V정도로 되게 한 다음 첫번째 저항에 련결한 전압계의 눈금을 읽는다.
3) 그림 9의 ㄴ, ㄷ와 같이 전압계를 옮겨 련결하면서 매개 저항에 걸린 전압이 어떠한가를 확인한다. 옮겨 련결할 때에는 스위치를 열고 회로를 련결한 다음 닫아야 한다.

4) 그림 10의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 전기회로를 만들고 전류계를 옮겨 련결하면서 첫째와 둘째 저항에 흐르는 전류의 세기 I_1, I_2 그리고 회로에 흐르는 전체 전류의 세기 I를 측정한다.

ㄱ) ㄴ) ㄷ)

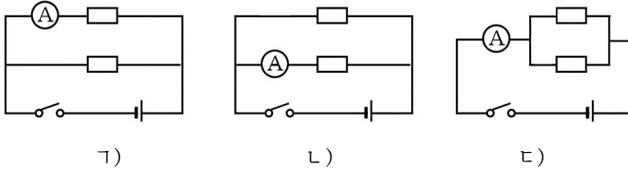



그림 10. 병렬련결된 회로에서 전류의 세기 측정

전원전압을 달리하면서 실험 1-4의 과정을 반복한다.

결과 및 분석

1) 그림 9의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 전압계를 옮겨 련결하면서 측정된 전압의 값이 어떠한가를 밝히고 해당한 결론을 밝힌다.
2) 그림 10의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 측정된 값들을 표에 계산한다.

실험번호	전압 U[V]	전류의 세기 I[A]				저항 $R=\frac{U}{I}$[Ω]			
		I_1	I_2	I	I_1+I_2	$R_1=\frac{U_1}{I}$	$R_2=\frac{U_2}{I}$	$R=\frac{U}{I}$	$R=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}$
1									
2									
3									
4									

3) 측정된 전체 전류의 세기 I와 매개 저항에 흐르는 전류의 세기 I_1+I_2을 비교하고 해당한 결론을 내린다.
4) 저항에 걸린 전압과 전체 전류의 세기에 의해 구한 전체 저항 R와 식 3에 의해 결정된 저항을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

문 제

1. 직렬회로와 병렬회로에 대한 실험결과를 비교하고 다른 점을 밝혀라.

2. 세개의 저항이 병렬로 이어진 경우 전압과 전류를 측정하는 실험을 진행하는 회로도를 그려보아라.

7. 작은 전등의 전력측정

목 적

이 실험에서는 전압계와 전류계를 가지고 작은 전등의 전력을 측정하는 방법을 익힌다.

기초지식

모든 전기기구나 기계들은 정상적으로 동작하는데 필요한 전압과 소비전력(정격전력)이 규정되여있다. 전등의 정격전력을 측정하자면 전등에 표시된 정격전압만큼 전등에 전압을 걸어주고 전등에 흐르는 전류를 측정하면 식 $P_{정} = I_{정} U_{정}$에 의하여 구할수 있다.

실험에서는 정격전압인 때와 그보다 약간 높을 때와 낮을 때 소비전력을 비교한다.

기구 및 재료

저압전원(직류 6V), 직류전류계(1A), 직류전압계(6V), 작은 전등(6V), 스위치, 련결선

실험방법

1) 작은 전등에 표시된 정격전압이 얼마인가를 확인한 다음 그림 11과 같이 전원, 작은 전등, 전류계, 전압계, 스위치로 회로를 만든다.
2) 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되게 한 다음 스위치를 닫는다.

그림 11. 작은 전등의 전력을 측정하기 위한 실험회로

3) 전압조절손잡이를 오른쪽으로 천천히 돌려 작은 전등에 정격전압을 준 다음 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정한다. 작은 전등에 표시된 전등의 정격전압이 얼마인가에 따라 그에 맞게 정격전압을 걸어주어야 한다.
4) 작은 전등에 걸어주는 전압이 정격전압보다 1V정도 더 높을 때와 1V 낮을 때 회로에 흐르는 전류의 세기를 각각 측정한다.

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록하고 전력을 구한다.

실험번호	정격전압과의 관 계	전 압 U[V]	전류의 세기 I[A]	전 력 $P=UI$[W]
1	정격전압일 때			
2	정격전압보다 높을 때			
3	정격전압보다 낮을 때			

2) 작은 전등에서 소비되는 전력을 비교하고 정격전압보다 높거나 낮은 전압이 걸릴 때 소비전력이 왜 변하는가를 따진다.

문 제

1. 작은 전등에 걸린 전압이 정격전압보다 높을 때 왜 소비전력이 정격전력보다 커지고 정격전압보다 작아질 때에는 왜 작아지는가?

2. 작은 전등에 정격전압이 표시되지 않은 경우에 전등을 사용하자면 어떻게 해야 하는가?

8. 전기종의 동작 알아보기

목 적

이 실험에서는 전자석을 리용하여 만든 전기종의 구조와 동작원리를 알아본다.

기초지식

전기종은 전자석을 리용하여 만든 전기신호장치의 하나이다. 전기종은 전자석, 접촉나사, 튀개판, 망치, 종으로 되여있다. 스위치를 닫으면 전류는 전원의 +극, 스위치, 접촉나사, 튀개판전자석, 전원의 -극의 순서로 흐른다.

이때 전자석이 자화되여 튀개판에 붙은 철편을 당기면 철편에 붙은 망치가 종을 때린다.(그림 12)

전자석이 철편을 당기면 철편에 붙은 튀개판이 접촉나사에서 떨어져 회로가 끊어진다. 전류가 흐르지 않으면 전자석의 자기힘이 없어지므로 철편을 당기지 못하고 튀개판을 놓아준다. 튀개판이 튐성에 의하여 처음자리로 돌아가 접촉나사에 닿으면 회로가 닫기고 망치는 다시 종을 때린다. 이런 과정이 반복되면서 종은 계속 울린다.

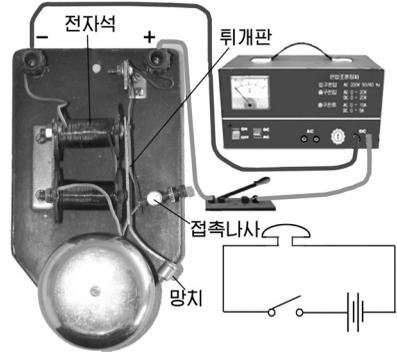



그림 12. 전기종의 동작원리를 알아보는 실험장치

기구 및 재료

전기종, 부분품들이 고정되여있는 판, 전원(직류 3V), 스위치, 련결선, 나사돌리개

실험방법

1) 전기종의 구조와 동작원리를 알아본 다음 그림 12와 같은 장치에서 나사돌리개로 접촉나사를 조절하여 접촉나사가 튀개판에 닿게 한다.
2) 전자석이 튀개판을 당길 때 튀개판이 접촉나사에서 떨어지면서 종을 때리도록 종, 튀개판, 전자석을 조절하고 나사들을 조인다.
3) 전원, 스위치, 련결선으로 접촉나사, 튀개판, 전자석의 선륜이 전원에 직렬로 련결되도록 전기회로를 만든다.
4) 스위치를 닫아 종을 울려본다. 이때 튀개판이 전자석에 끌려가면서 망치가 종을 때리는 과정을 살펴본다.
5) 튀개판이 전자석에 끌릴 때 접촉나사에서 떨어지며 전기회로가 열리는 과정과 전기회로가 열릴 때 튀개가 다시 접촉나사에 가닿는 과정을 살펴본다. 전원전압을 높이거나 낮추면서 전기종이 울리는 과정을 살펴본다.

결과 및 분석

1) 전기회로가 열릴 때와 닫길 때 전기종이 울리는 과정을 관측결

과에 기초하여 쓴다.

2) 전압을 높이거나 낮출 때 왜 전기종이 나는 소리가 달라지는가를 밝힌다.

문 제

1. 실험에서 직류전원의 극성을 바꾸어도 전기종이 울리겠는가?
2. 전자석대신 영구자석을 쓰면 안되겠는가?

9. 전자석계전기의 동작 알아보기

목 적

이 실험에서는 전자석계전기의 구조와 동작원리 그리고 전기회로에서 자동화의 기초원리를 알아본다.

기초지식

전자석계전기는 전자석을 리용하여 다른 전기회로를 자동적으로 여닫는 기구이다. 전자석의 선륜에 이어진 전기회로(1차회로)가 닫기면 전자석이 철편을 당겨 2차회로의 접점과 련결되게 함으로써 2차회로에 있는 전기기구를 동작하게 한다.(그림 13)

1차회로가 열리면 철편의 다른 끝을 당기고있는 용수철의 튐힘에 의하여 접점이 떨어져 2차회로가 열린다. 계전기의 1차회로를 닫을 때 2차회로가 열리게 할수도 있다.

기구 및 재료

전자석계전기, 저압전원(직류 6V), 전등(6V), 스위치, 련결선, 전기종

그림 13. 전자석계전기의 원리를 알아보기 위한 실험장치

실험방법

1) 그림 13과 같은 장치에서 1차회로와 2차회로를 따져보고 전자석계전기의 구조와 동작원리를 따져본다.

2) 1차회로가 닫겨 전류가 흐를 때 2차회로가 닫기도록 접점을 선택하고 회로를 련결한다. 1차회로의 스위치를 닫고 계전기를 동작시키면서 동작과정을 구체적으로 살펴본다.
3) 이번에는 1차회로가 닫길 때 2차회로가 열리도록 접점을 선택하고 우와 같은 방법으로 실험을 반복한다.
4) 2차회로에서 전등이 꺼질 때 전기종이 울리고 전등이 켜질 때 전기종이 멎는 회로를 구성하고 동작시켜본다.

결과 및 분석

실험 2, 3, 4에서 관측된 매 경우의 1차회로와 2차회로를 그리고 어떤 흐름길을 따라 전기회로가 닫기거나 열리는가를 따진다.

문 제

1. 전자석계전기는 어떤 작용을 하며 어디에 리용되는가를 설명해보아라.
2. 전자석계전기를 리용하여 문이 열리면 자동적으로 종이 울리는 회로를 그려보아라.

10. 빛의 반사법칙 알아보기

목 적

이 실험에서는 거울에서 빛이 반사할 때 입사각과 반사각을 직접 재여 반사각이 입사각과 같은가를 알아본다.

기초지식

반사법칙에 의하면 반사각은 어느때나 입사각과 같다.

실험에서는 평면거울에 입사하는 빛줄기와 반사하는 빛줄기를 찾고 각도눈금판우에서 입사각의 크기와 반사각의 크기를 알아본다.

각도눈금판을 돌리면서 입사각을 달리할 때 반사각의 크기를 재여 입사각과 비교하여본다. 비교해보면 반사각의 크기는 어느때

나 입사각과 같다는것을 알수 있다.

기구 및 재료

기하광학대(광원, 실틈이 있는 가림판, 평면거울, 각도눈금판, 받침대, 고정틀 2개), 전원 12V

실험방법

1) 광원장치에서 나오는 빛줄기가 선명하도록 조절한다. 먼저 3개 실틈이 있는 가림판을 광원통 렌즈앞에 끼우고 빛줄기가 선명하게 평행으로 나가는가를 알아본다. 즉 전등의 가열선조가 실틈방향에 평행으로 놓이도록 전등을 돌리고 렌즈사이의 거리를 잘 조절하여 3개의 빛줄기가 정확히 평행이 되도록 조절한다. 다음 3개 실틈이 있는 가림판을 뽑고 1개 실틈이 있는 가림판을 바꾸어 끼운다.
2) 그림 14와 같이 광원과 받침대를 설치한다. 받침대우에는 각도눈금판을 올려놓고 거울면이 각도눈금판에 수직이 되도록 거울을 놓는다.

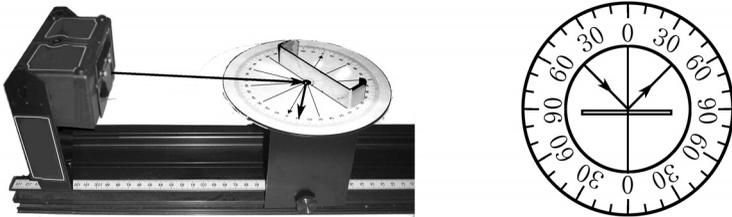



그림 14. 빛의 반사법칙 알아보기

3) 광원을 전원에 련결하고 빛선이 거울면이 놓인 눈금판의 중심을 비치도록 조절한다.
4) 각도눈금판을 돌릴 때마다 눈금판의 중심이 입사점과 일치하도록 조절한다.

결과 및 분석

1) 빛선이 거울면이 놓인 눈금판의 중심을 비칠 때 반사각이 입사각과 같은가를 알아본다.
2) 각도눈금판을 조금씩 돌려 입사각을 달리하면서 그때마다 반사각이 입사각과 같은가를 알아본다.

문 제

1. 반사빛선이 지나간 자리로 빛을 거꾸로 비칠 때에도 빛의 반사법칙이 성립하겠는가를 실험하여보고 대답하여라.
2. 거울(각도눈금판)을 10°, 20° 돌릴 때 입사각이 어떻게 변하는가? 입사빛선과 반사빛선사이의 각이 어떻게 변하는가? 실험하여보고 대답하여라.
3. 이 실험에서 1개 실틈이 있는 가림판을 3개 실틈이 있는 가림판으로 바꾸고 실험하여보아라. 거울면에서 어떤 반사가 일어나는가?

11. 거울에 의한 영상의 자리찾기

목 적

이 실험에서는 평면거울에 의한 물체의 영상이 맺히는 자리를 찾는 방법을 알아낸다.

기초지식

평면거울에 의하여 생긴 물체의 영상은 항상 거울뒤에 있으며 거울로부터 물체까지의 거리와 거울로부터 영상까지의 거리는 꼭같다.

실험을 통하여 거울에 의하여 생기는 영상의 자리를 찾고 거울로부터 물체까지의 거리와 거울로부터 영상까지의 거리가 꼭같다는 것을 알아본다.

기구 및 재료

평면거울(또는 평면유리판), 흰 종이, 나무판, 바늘 3개, 분도기, 자, 연필

실험방법

1) 나무판우에 흰 종이를 올려놓고 그우에 평면거울을 수직으로 세운다. 그리고 연필로 종이우에 거울면을 표시하고 직선 MN을 긋는다.(그림 15)

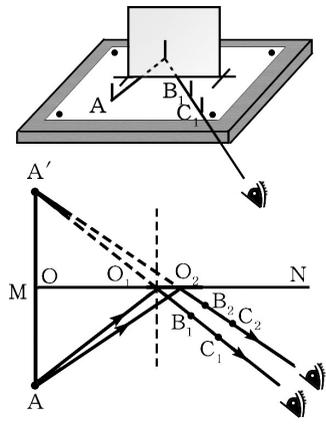



그림 15. 거울에 의한 영상의 자리를 찾는 법

2) 거울앞의 임의의 자리(거울면으로부터 5~15cm 거리)에 바늘을 수직으로 꽂고 그의 밑점을 A로 표시한다. 다음 거울속의 바늘의 영상을 보면서 영상이 가리워지는 자리에 다른 바늘을 꽂고 그의 밑점을 B_1로 표시한다. 그리고 영상과 B_1점에 꽂은 바늘이 가리워지는 자리에 세번째 바늘을 꽂고 그의 밑점을 C_1로 표시한다.

   ※ 거울대신 유리판으로 실험하는 경우에는 밝은(창문을 향한쪽)쪽이 거울의 앞면이 되고 어두운 벽쪽이 뒤면이 되게 하여야 영상이 잘 보인다.

3) 거울을 치우고 B_1C_1을 지나는 직선을 긋는다. 이 직선이 거울면 MN과 사귀는 점을 O_1로 표시하고 A와 O_1을 맺는 선분을 긋는다. 이때 선분 AO_1은 입사빛선, O_1B_1은 반사빛선으로 된다. O_1을 지나면서 MN에 수직인 직선을 긋고 입사각과 반사각이 같은가를 분도기로 재여본다.
4) 거울을 다시 처음자리에 세운 후 눈의 자리를 옮기고 우와 같은 방법으로 점 B_2, C_2를 얻는다.
5) 다시 거울을 치우고 선분 B_2C_2, 점 O_2 및 선분 AO_2을 긋는다. 다음 선분 O_1B_1와 O_2B_2를 연장하고 사귀는 점 A′를 찾는다. 이 점이 영상의 자리이다. A와 A′를 련결하고 MN과 사귀는 점을 O로 표시한다. 그리고 선분 AO와 OA′를 재여 거리가 같은가를 알아본다. 또 ∠AON=∠A′ON=R(직각)로 되는가를 알아본다.

결과 및 분석

실험을 통하여 영상의 자리는 거울에 대한 물체의 대칭점이라는것을 확인한다.

문 제

1. 거울면을 표시하는 직선 MN은 거울의 앞면을 표시하는가, 뒤면을 표시하는가? 왜 그런가?
2. 그림 15를 보고 평면거울에 의하여 영상이 맺히는 리치를 설명하여라.
3. 거울을 쓰지 말고 거울속에 맺히는 영상의 자리를 찾으려면 어떻게 하면 되겠는가? 90°의 각으로 사귀는 두 거울사이에 있는

광원의 영상의 자리를 그려라. 실지 실험하여보고 그린것과 대조하여보아라.

12. 볼록렌즈에 의한 영상관찰

목 적

이 실험에서는 볼록렌즈에 의한 영상을 비춤판에 받아보면서 렌즈로부터 물체까지의 거리가 달라질 때 영상의 자리와 크기가 어떻게 달라지는가를 알아본다.

기초지식

볼록렌즈에 의한 영상은 비춤판에 받아서 볼수 있다. 이때 생기는 영상의 자리와 크기는 렌즈로부터 물체까지의 거리에 따라 다르다. 물체가 초점거리의 2배보다 멀리 있을 때에는 렌즈의 초점가까이에 축소된 거꾸로 선 실영상이 맺힌다.

물체가 초점거리의 2배와 초점거리사이에 있으면 거꾸로 선 커진 실영상이 초점거리의 2배보다 먼거리에 생긴다. 물체가 초점에 다가갈수록 더 큰 영상이 더 먼곳에 생긴다.

물체가 렌즈의 초점거리보다 가까이에 있을 때에는 확대된 바로 선 허영상이 생긴다. 이 허영상은 비춤판에 받아볼수 없으며 물체와 반대쪽에서 렌즈를 들여다보면 물체보다 커진 허영상으로 보인다.

기구 및 재료

초점거리 10cm인 볼록렌즈, 광원, 비춤판, 화살모양의 실틈판, 고정틀 3개, 자, 전원(12V)

실험방법

1) 그림 16과 같이 광학대우에 기구들을 설치한다.
2) 볼록렌즈를 선택한다. 초점거리 f=10cm인 렌즈를 쓴다. 만일 초점거리를 모르는 렌즈가

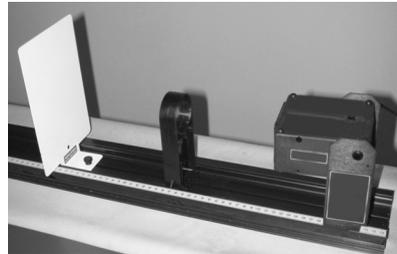



그림 16. 볼록렌즈에 의한 영상알아보기장치

있으면 다음과 같은 방법으로 구한다.

우선 렌즈의 빛축에 평행으로 해빛(혹은 광원)을 비치게 하고 렌즈뒤에 있는 비춤판을 움직여 제일 밝고 작은 점이 나타났을 때 렌즈로부터 이 점까지의 거리가 초점거리이다.

또한 렌즈를 눈가까이로부터 천천히 멀리 가져가면서 될수록 멀리있는 물체를 볼 때 물체가 바로 보이다가 영상이 없어진 다음 다시 거꾸로 보인다. 물체의 영상이 없어졌을 때 눈과 렌즈까지의 거리가 초점거리이다.

3) 렌즈로부터 초점거리의 2배보다 먼거리($a>2f$)에 실틈이 놓이게 한다. 비춤판에 실틈의 똑똑한 영상이 맺히는 자리를 찾는다. 똑똑한 영상자리를 쉽게 찾기 위하여 화살모양의 실틈에 머리카락을 가로 붙여놓는다.

그리고 렌즈로부터 틈까지의 거리(a)와 렌즈로부터 영상까지의 거리(b)를 잰다.

4) 실틈모양의 물체가 렌즈로부터 초점거리의 2배보다는 가깝고 초점거리보다는 먼거리 ($2f>a>f$)에 있는 경우에 우와 같은 실험을 반복한다.

5) 다음으로 렌즈의 초점거리보다 가까운 거리($a<f$)인 경우에 우와 같은 실험을 반복한다.

이때에는 비춤판에 영상이 생기지 않는다. 그러므로 비춤판을 치우고 비춤판쪽에서 렌즈를 통하여 실틈을 보면 실틈이 있는 쪽에 실틈의 바로선 커진 허영상이 보이는가를 알아본다. 그리고 초점거리보다 가까운 거리안에서 화살을 초점쪽으로 옮기면서 허영상의 크기와 자리를 알아본다.

결과 및 분석

1) 측정결과를 표에 기록하고 해당한 관계를 밝힌다.

실험번호	물체까지의 거리		영상까지의 거리		어떤 영상인가		
	a [cm]	f와의 관계	b [cm]	f와의 관계	커졌는가 작아졌는가	바로 거꾸로	실영상 허영상
1		$a>2f$					
2		$2f>a>f$					
3		$a<f$					

2) 측정결과에 기초하여 다음의 결론이 옳은가를 따져보아라.

① $a>2f$이면 거꾸로 선 축소된 실영상이 $f<b<2f$사이에 생긴다. 물체가 더 멀어질수록 더 작은 실영상이 초점가까이에 생긴다.

② $2f>a>f$이면 거꾸로 선 커진 실영상이 $b>2f$인 곳에 생긴다. 물체가 초점에 다가갈수록 더 큰 영상이 더 먼곳에 생긴다.

③ $a<f$이면 물체까지의 거리가 초점거리보다 가까우면 바로선 커진 허영상이 보인다. 물체가 초점에 다가갈수록 허영상이 더 크게 보인다.

문 제

1. 볼록렌즈를 뒤집어놓으면 영상이 달라지는가? 실험하여보아라. 여기서 무엇을 알수 있는가?
2. 렌즈의 일부를 가리워도 영상이 생기겠는가? 가리우지 않았을 때와 무엇이 다른가? 실험하여보고 대답하여라.

13. 빛스펙트르와 빛의 3원색의 합성 알아보기

목 적

이 실험에서는 흰색빛이 여러가지 색빛들의 모임이라는것과 3원색빛을 리용하여 여러가지 색빛들을 얻을수 있다는것을 확증한다.

흰색빛이 지나는 길에 프리즘을 놓으면 흰색빛이 여러가지 색빛들로 갈라진 빛스펙트르를 이룬다. 이것을 다시 렌즈로 한곳에 모으면 흰색빛으로 된다.

이것은 흰색빛이 여러가지 단색빛들로 이루어졌다는것을 의미한다. 빛의 3원색(붉은색, 풀색, 남색)을 한곳에 모두 고르롭게 비추면 흰색으로 된다. 그리고 3원색빛을 적당한 비률로 혼합하면 모든 색갈의 빛을 다 얻을수 있다.

기구 및 재료

광원, 실틈 1개가 있는 가림판, 받침대, 비춤판, 3각프리즘,

볼록렌즈, 고정틀 4개, 저압전원(직류 12V), 팽이, 색원판(여러개)

실험방법

빛스펙트르 알아보기

1) 그림 17과 같이 한개 실틈이 있는 가림판을 광원통에 설치하고 비춤판과 실틈사이에 3각프리즘을 설치하여 놓는다. 그리고 프리즘과 비춤판을 조절하여 비춤판에 빛스펙트르를 얻는다.

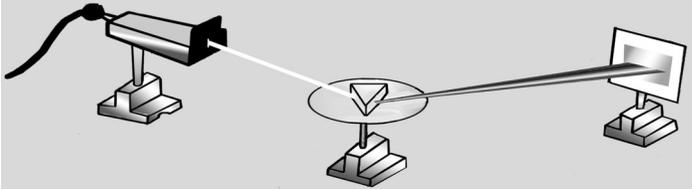



그림 17. 빛스펙트르를 얻기 위한 실험장치

2) 흰 종이를 가지고 빛이 프리즘에 들어가기 전에 어떤 색의 빛인가를 확인한다.

3) 프리즘과 비춤판사이에 볼록렌즈를(프리즘으로부터 10cm밖에) 놓고 비춤판의 자리를 조절하여 비춤판에 영상을 얻는다.(그림 18)

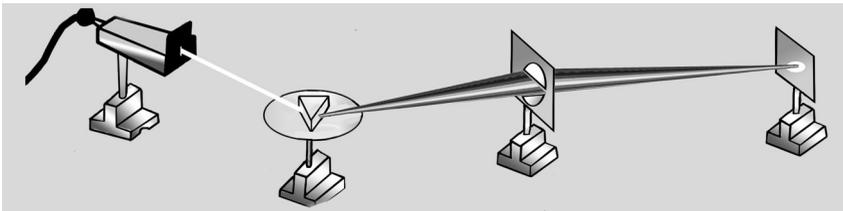



그림 18. 빛스펙트르의 합성장치

4) 팽이에 색띠(빛스펙트르)의 색갈과 같은 붉은색, 감색, 누런색, 풀색, 푸른색, 남색, 보라색을 칠한 색원판을 설치하고 팽이를 돌린다. 그리고 돌아가는 색원판이 흰색을 띠는가를 알아본다.(그림 19)

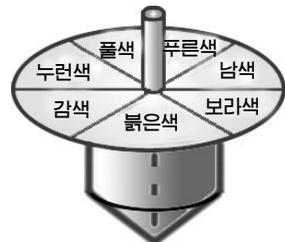



그림 19. 색팽이

빛의 3원색 합성알아보기

1) 붉은색, 푸른색, 남색을 같은 비률로 칠한 3원색판을 팽이에

칠한 3원색판을 팽이에 꽂고 팽이를 돌리면서 3원색원판이 어떤 색을 띠는가를 알아본다.

2) 3원색원판에 칠한 3가지 색갈의 비률이 다른 판을 바꾸어 꽂고 팽이를 돌리면서 색갈을 알아본다.

결과 및 분석

빛스펙트르를 알아보기

1) 빛이 프리즘을 지나가기 전과 후에 나타난 빛의 색갈에 대한 관측결과를 기록하고 흰색빛이 어떤 색빛들로 이루어졌는가를 밝힌다.

2) 팽이에 7가지 색갈을 칠한 원판을 끼우고 돌릴 때 나타난 결과를 기록하고 왜 그렇게 되겠는가를 따진다.

빛의 3원색 알아보기

여러가지 3원색원판을 팽이에 끼우고 돌릴 때의 관측결과를 기록하고 왜 그런가를 따진다.

문 제

1. 극장에서 쓰는 색조명의 리치를 설명하여라.
2. 3색팽이를 돌려 흰색갈을 얻으려고 하였는데 흰색이 잘 나타나지 않았다. 무엇때문이겠는가?